



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

LAURI KOISTINEN
KUIVANA RAKENTAMINEN
Diplomityö

Tarkastajat: prof. Jukka Pekkanen ja
DI Anssi Koskenvesa
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Rakennetun ympäristön tiedekunta-
neuvoston kokouksessa
6.huhtikuuta 2016

TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Rakennustekniikan koulutusohjelma

KOISTINEN, LAURI: Kuivana rakentaminen

Diplomityö, 86 sivua

Maaliskuu 2016

Pääaine: Rakennussuunnittelu

Sivuaine: Korjausrakentaminen

Tarkastajat: prof. Jukka Pekkanen ja DI Anssi Koskenvesa

Avainsanat: kuivana rakentaminen, kosteuden hallinta, kuivatus, rakenteiden suojaus, kosteusriskit, kosteuden mittaaminen

Diplomityössä oli tavoitteena muodostaa kirjallisuuskatsauksen pohjalta kuivana rakentamisen malli ja laatia sen pohjalta yleinen ohje sekä yritysکوhtainen ohje kuivana rakentamiseen.

Tutkimusta lähestyttiin konstruktiivisen tutkimuksen näkökulmasta, jolla pyrittiin ratkaisemaan rakentamisvaiheessa esiintyviä myöhemmin kosteusvaurioihin mahdollisesti johtavia ongelmia. Tutkimusaineistona oli kattava kirjallisuuskatsaus, joka täydentyi ohjeiden laadinnan ohjausryhmän asiantuntemuksella.

Tutkimuksen tuloksena muodostuivat 68 sivuinen yritysکوhtainen ohje rakentamisen aikaiseen kosteudenhallintaan, sekä 127 sivuinen yleinen ohje rakennushankkeen kosteudenhallintaan, josta oma kontribuutioni kattoi rakentamisen aikaiset toimet sekä rakenneکوhtaiset kosteudenhallinnan tarkastelut.

Tutkimuksen johtopäätöksenä toteaisin, että alalla on tilausta kantaa ottavalle ja konkreettisia ohjeita antavalle ohjekirjallisuudelle liittyen kosteudenhallintaan. Tämän lisäksi tutkimus herätti kysymyksen, onko nykyisenkaltainen toimintamalli rakentamisen lainsäädännön, rakennusalan tutkimuksen sekä ohjeistuksen suhteen toimiva?

Toimenpidesuosituksena ehdottaisin kandidaatintyön tai diplomityön laajuisena toteutettaviksi jatkotutkimuksiksi rakentamisen kosteudenhallinnan historiaan perehtymistä ja rakentamismääräysten kehitysten ja niiden välisen riippuvuuden esittämistä, kuivana rakentamisen suunnittelun aikaisen huomioimisen kehittämistä sekä rakennushankkeen osapuolien yhteistyön ja tiedonkulun parantamista kosteudenhallinnan osalta.

ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Faculty of Built Environment

KOISTINEN, LAURI: Construction in dry conditions

Master's thesis, 86 pages

March 2016

Examiner: prof. Jukka Pekkanen and M.Sc. Anssi Koskenvesa

Keywords: Moisture management, drying structures, weather protection, moisture risks, measurement of humidity.

The goal of the thesis was to form a model about dry construction from the basis of a literature review, and process the model into a general instruction for public use and specific instruction about dry construction for a finish construction company.

The study was approached from the perspective of constructive research aimed at solving problems occurring during the construction phase, that could later lead to moisture problems. The research material consisted of a literature review, which was complemented by the expertise of instructions steering groups.

As a result of the study a 68-page instructions about moisture management during construction was formed to a construction company. Also a 127-page guide to construction moisture management was formed for public use. In latter the contribution of the study covered construction activities of moisture control, as well as the structure-specific moisture control examination.

As conclusion of the study I would note that there is a demand to produce guides about moisture control containing clear guidelines and opinions. Also the relations between procedure of legislation, research and guidelines about moisture in construction should be reflected.

As for some recommendations for action and possible next studies in extend of the workload of a bachelor's or master's thesis, I would suggest to study the history of the construction moisture management and reflect it on the legislations of the time. Also I would consider to improve the design process about moisture control. For the last suggestion I would study how to improve cooperation and flow of information between participants in moisture management.

ALKUSANAT

Diplomityö tehtiin Mittaviiva Oy:n toimeksiannosta. Tutkimuksen tarkoitus oli palvella Mittaviiva Oy:ltä tilattujen kosteudenhallinnan ja kuivana rakentamisen ohjeiden laatimista. Diplomityön ohjaajana toimi Anssi Koskenvesa, joka toimii Mittaviiva Oy:n toimitusjohtajana sekä tohtorikoulutettavana Tampereen teknillisessä yliopistossa. Ansilta sain neuvoja erityisesti diplomityön rakenteen ja ilmeen suhteen. Anssille iso kiitos ohjauksesta.

Yleisen ohjeen laadinnassa osan sisällöstä tuottivat Tampereen teknillisen yliopiston tutkijat Olli Teriö, Juha-Matti Junnonen, Olli-Pekka Toivari sekä Samuli Ahvenainen. Oma kontribuutio yleiseen ohjeeseen olivat sisällön tuottaminen rakennusvaiheen kosteudenhallinnan toimien osioihin sekä rakennekohtaisten kosteudenhallintaohjeiden osioihin. Yhteistyö TTY:n tutkijoiden kanssa sujui hyvin, kiitos heille. Myös yleisen ohjeen aktiiviselle ohjausryhmälle haluan välittää kiitokset.

Yrityskohtaisen ohjeen laadinnassa yrityksen laatupäälliköllä oli vahva visio mitä ohjeen tulisi sisältää. Yrityksen laatuinsinööri oli suureksi avuksi yrityksen nykyisten ja tavoiteltujen kosteudenhallinnan toimintatapojen ohjeeseen sisällyttämisessä. Molemille suuret kiitokset kärsivällisyydestä ja ohjauksesta.

Satu Sahlstedt vastasi yrityskohtaisen ja yleisen ohjeen taittamisesta ja visuaalisesta ilmeestä, Christian Kivimäki oli suurena apuna yrityskohtaisen kuvituksen viimeistelyssä. Tuomas Palolahti antoi eniten neuvoja ohjeiden sisällön suhteen. Edellä mainittujen asioiden lisäksi tahdon kiittää koko Mittaviivan porukkaa myös kuluneista vuosista, olette omalta osalta muodostaneet minulle miellyttävän paikan työskennellä. Erityiskiitos opinnäytetöiden osalta Tarja Mäelle, jonka arvokkaan palautteen avulla opinnäytetyöni saavuttivat tasonsa.

SISÄLLYS

1	Johdanto	1
1.1	Tutkimuksen tausta	1
1.2	Tutkimuksen rakenne	3
1.3	Tutkimuksen tavoite ja tutkimusongelma	4
1.4	Tutkimusmenetelmät sekä tutkimuksen vaiheet	5
1.5	Tutkimuksen rajaukset	5
2	Kosteusvauriot	6
2.1	Kosteuslähteet ja kosteuden siirtyminen	6
2.2	Kosteusvaurioiden muodostuminen	8
2.3	Rakenteiden tyypillisiä kosteusvauriokohtia.....	10
2.3.1	Yleistä rakennuksen kosteusvauriokohdista	10
2.3.2	Perustusten ja alapohjien kosteusvauriot	11
2.3.3	Välipohjien kosteusvauriot	12
2.3.4	Ulkoseinien kosteusvauriot	13
2.3.5	Yläpohjien kosteusvauriot.....	14
2.3.6	Väliseinien, märkätilojen ja parvekkeiden kosteusvauriot.....	15
3	Rakennushankkeen kosteudenhallinta	16
3.1	Kokonaisuuden ymmärtäminen	16
3.2	Kosteudenhallinta hankesuunnitteluvaiheessa	17
3.2.1	Kosteudenhallinnan tavoitteet ja vaatimukset.....	17
3.2.2	Kosteusriskien määrittely ja hallinta.....	17
3.2.3	Kosteudenhallinnan huomioon ottaminen rakentamisen aikataulussa	19
3.2.4	Kosteudenhallintasuunnitelman laadinnan aloitus	20
3.3	Kosteudenhallinta rakennussuunnitteluvaiheessa	21
3.3.1	Rakenteiden kosteusteknisen toiminnan varmistaminen	21
3.3.2	Taloteknisten järjestelmien toimivuus	23
3.3.3	Pihan ja rakennuspohjan vedenpoisto	23
3.3.4	Rakennussuunnitteluvaiheen kosteudenhallintasuunnitelma	24
3.4	Kosteudenhallinta rakentamisvaiheessa.....	25
3.4.1	Kosteudenhallinnan huomioon ottaminen ajallisessa suunnittelussa..	25
3.4.2	Kosteudenhallinnan huomioon ottaminen tehtäväkohtaisessa suunnittelussa	28
3.4.3	Toteutustavan ja –järjestyksen sekä materiaalivalintojen vaikutukset kosteudenhallintaan	29
3.4.4	Rakenteiden kuivumisaika-arvioiden laadinta	30
3.4.5	Suojaus ja kuivanapito	33
3.4.6	Kuivatus	38
3.4.7	Kosteus- ja olosuhdemittaukset.....	40
3.4.8	Kosteudenhallintasuunnitelman täydentäminen ja toteuttaminen.....	42
3.5	Kosteudenhallinta käyttöönottovaiheessa	43

4	Osapuolien kosteudenhallinnan tehtävät.....	44
4.1	Rakennuttaja.....	44
4.2	Suunnittelija	45
4.3	Päätoteuttaja	45
4.4	Materiaalitoimittaja	46
4.5	Käyttäjä	46
5	Kuivana rakentamisen malli.....	47
5.1	Kuivanapito rakentamisessa.....	47
5.2	Edellytysten luominen kuivana rakentamiselle.....	49
5.3	Suunnitelmien laatiminen.....	53
5.4	Materiaalitoimitukset tehtaalta työmaalle	54
5.5	Kuivana rakentaminen työmaalla.....	55
5.6	Käyttö.....	60
6	Mallin testaus: käytännön sovellukset	62
6.1	Yleinen ohje	62
6.1.1	Yleisen ohjeen esittely	62
6.1.2	Yleisen ohjeen toteutus	64
6.1.3	Yleisen ohjeen lopputulos	65
6.2	Yrityskohtainen ohje	67
6.2.1	Yrityskohtaisen ohjeen esittely	67
6.2.2	Yrityskohtaisen ohjeen toteutus	67
6.2.3	Yrityskohtaisen ohjeen lopputulos	68
7	Tutkimuksen analyysi	69
7.1	Kirjallisuuskatsauksen analyysi	69
7.2	Mallin analyysi.....	71
7.3	Ohjeiden analyysi.....	72
7.3.1	Yleisen ohjeen analyysi.....	72
7.3.2	Yrityskohtaisen ohjeen analyysi	72
8	Johtopäätökset.....	74
	Lähteet.....	77

TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

Absoluuttinen ilmankosteus	Tietyn määrätilavuuden sisältämä paino- tai tilavuusyksiköllä laskettu vesimäärä.
Betonin suhteellinen kosteus	Betonin huokosissa olevan ilman suhteellinen kosteus. Kuvaa betonissa olevaa liikkumiskykyistä ja esimerkiksi päällysteen alle tasapainottumaan pystyvää kosteutta.
Huoltokirja	Työkalu kiinteistön elinkaaren hallintaan. Huoltokirja sisältää yleisten perustietojen lisäksi kiinteistön hoitoon, huoltoon, kunnossapitoon ja korjauksiin sekä rakennusosien ja laitteiden käyttöihin liittyviä tietoja.
Hygroσκοoppinen materiaali	Materiaali joka luovuttaa ja vastaanottaa kosteutta ympäröivästä ilmasta. Esimerkiksi puu ja betoni ovat hygroσκοoppisia materiaaleja.
Ilmanpaine-ero	Paine-ero joka aiheuttaa ilman siirtymisen rakenteen vuoto-kohtien läpi. Paine-eroa syntyy lämpötilaerojen, ilmanvaihdon ja tuuletuksen vaikutuksesta.
Ilmankuivain	Laite, joka sitoo kosteutta ilmasta. Ilmankuivaimet voidaan jakaa kondenssikuivaimiin ja adsorptiokuivaimiin.
Kapillaarikatko	Kapillaarisen vedensiirtymisen katkaiseva kerros. Voidaan tehdä vettä läpäisemättömästä materiaalista kuten bitumikermistä tai riittävän paksusta maa-ainekerroksesta, jossa kerrospaksuuden tulee olla suurempi kuin kapillaarinen nousukorkeus kyseisessä maa-aineksessa
Kastepiste	Lämpötila, jossa tietyn suhteellisen ilmankosteuden sisältävässä ilmamassassa oleva vesihöyry alkaa tiivistyä vedeksi.
Kosteudenhallinta	Kosteudenhallinnan tarkoitus on estää ylimääräisen ja vahinkoa aiheuttavan kosteuden siirtyminen rakenteisiin.
Kosteudenhallinta-asiakirja	Rakennuttajan laatima asiakirja jossa määritetään hankkeen kosteudenhallintaan liittyvät tavoitteet ja toimintaperiaatteet. Täydentyy kosteudenhallintasuunnitelmaksi.

Kosteudenhallinta-suunnitelma	Suunnitelma joka sisältää rakennushankkeen kosteudenhallinnan kannalta oleelliset asiat kuten kohteen yleistiedot, laatutavoitteet, kosteusriskikartoituksen ja toteutusvaiheessa tehtävät kosteudenhallintatoimet.
Kosteuden siirtyminen:	
- Diffuusio	Kosteuden siirtymistä vesihöyrynä rakenteen tai materiaalin lävitse tavoitteena saavuttaa kosteustasapaino korkean ja matalan vesihöyryn osapaineen välillä. Diffuusiassa kosteus siirtyy yleensä lämpimästä ilmasta kylmempään.
- Kapillaarinen	Kosteudensiirtyminen, joka tapahtuu huokosalipaineen vaikutuksesta. Voi tapahtua kaikkiin suuntiin.
- Konvektio	Konvektio on lämmön siirtymistä. Kosteuskonvektiolla käsitetään ilmavirran mukana siirtyvää kosteutta. Rakennuksen paine-erot määrittävät ilman ja kosteuden siirtymissuunnan. Alipaineisessa rakennuksessa rakennukseen pyrkii siirtymään ulkopuolelta ilmaa.
- Painovoimainen	Vesi pyrkii siirtymään painovoiman vaikutuksesta alemmaksi. Merkittävä osa rakennuksen kosteusteknisestä toiminnasta perustuu veden painovoimaiseen siirtymiseen
Kosteus	Kemiallisesti sitoutumaton vesi kaasumaisessa (vesihöyry), nestemäisessä, tai kiinteässä olomuodossa (jää).
Kosteusmittaus	Toimi jolla pyritään saamaan tietoa rakenteen kosteuspitoisuudesta ja sitä kautta varmennetaan rakenteiden riittävä kuivuminen rakenteen päällystämistä tai pinnoittamista ajatellen.
Kosteusriski	Tapahtuma joka toteutuessaan saattaa aiheuttaa kosteusvaurion.
Kosteusriskiluokka	Kosteusriskiluokka riippuu hankkeen kosteusteknisestä ja kosteudenhallinnan vaativuudesta. Tarkoitus on saada hankkeen osapuolet kohdistamaan riittävä huomio hankkeen kosteusriskien selvittämiseen ja hallintaan. Luokkia on kolme: R3 = erittäin vaativa, R2= normaalia vaativampi ja R1= normaali.

Kosteusvaurio	Liiallisesta tai pitkäaikaisesta kosteudesta aiheutuva materiaalin tai rakenteen kosteussietokyvyn ylitys, josta seuraa materiaalin tai rakenteen ominaisuuksien muuttuminen (heikkeneminen) siten, että rakenne tai rakenteen osa tulee korjata tai vaihtaa.
Kuivaketju	Rakennustuotteen pitäminen kuivana koko rakennusprosessin ajan lähtien materiaalin esivalmistuksesta, sisältäen kuljetuksen, välivarastoinnin sekä asennuksen aikaisen suojauksen aina lopulliseen rakennukseen ja sen käyttöön asti.
Kuivatus	Rakenteiden kuivumista nopeuttava toimenpide.
Kuivumisaika-arvio	Rakenteen tunnettuihin ominaisuuksiin ja vallitseviin olosuhteisiin, kuten paksuuteen, materiaaleihin, lämpötilaan, ilmankosteuteen ja kuivumissuuntien määrään, perustuva laskelma tarkasteltavan rakenteen rakennekosteuden poistumiseen kuluva ajasta.
Kosteusraja-arvo	Päällystemateriaaleille määritetty kriittinen kosteusraja-arvo, jonka alle rakenteen tulee kuivua ennen pinnoittamista.
Materiaalin kosteudensiirto-ominaisuudet	Eri materiaalit ottavat vastaan (absorptio) ja luovuttavat (desorptio) kosteutta eritavoin. Rakennusmateriaalien kosteudenluovutuskyky on useimmiten heikompi kuin vastaanottokyky.
Mikrobivaurio	Bakteerien, homeiden, hiivojen tai lahottajien esiintyminen rakennuksessa.
Mittausputki	Tiivistettävä muoviputki joka asennetaan mittausreikään rakenteen suhteellisen kosteudenmittausten yhteydessä.
Mittauspää	Suhteellisen kosteuden mittalaitteiston anturiosa, jossa on yleensä matalavirralla toimivat lämpö- ja kosteusanturit
Mittausreikä	Rakenteeseen porattu aukko, jonka ilmatilasta mitataan rakenteen suhteellista kosteutta. Mittausreikien syvyydet vaihtelevat.

Olosuhdemittaus	Sisäilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan mittaus. Mittauksella pyritään varmistamaan rakenteiden hyvien kuivumisolosuhteiden voimassaolo.
Pintakosteusmittari	Sähkönjohtavuutta rakenteen pinnassa mittaava laite. Laskelma perustuu laitteen muistissa oleviin eri materiaalien tunnettuihin sähkönjohtavuusarvoihin. Soveltuu sopivien mittauspisteiden määrittämiseen. Ei voi käyttää suhteellisen kosteuden mittaamiseen.
Päällystettävyyssarvio	Kuivumisaika-arvioon ja päällystemateriaalin kosteudensieto-ominaisuuksiin perustuva arvio ajankohdasta, jolloin tarkasteltavan rakenteen pinnalle tulevan pintarakennusmateriaalin kuten muovimaton tai seinälaatoituksen, tai rakenteeseen liittyvän toisen rakennusosan vahingoittumisriski ei ole enää merkittävä ja rakenne voidaan pinnoittaa.
Rakennekosteus	Materiaalin tai rakennusosan sisältämä kosteus. Esimerkiksi betonin valmistuksessa käytetty vesi.
Rakenteen suhteellinen ilmankosteus, RH%	Rakenteessa käytetyn materiaalin huokosissa olevan ilman suhteellinen ilmankosteus.
Suhteellinen ilmankosteus RH%	Ilmaan pystyy sitoutumaan eri määrä vesihöyryä riippuen ilman lämpötilasta: kylmään ilmaan sitoutuu vähemmän ja lämpimään enemmän.
Suhteellinen kosteus RH	Ilmassa olevan vesihöyrypaineen suhde kyllästyspaineeseen kyseisessä lämpötilassa. Suhteellinen kosteus ilmaistaan prosentteina (%). Lyhenne RH tulee sanoista relative humidity.
Sääsuoja	Rakennuksen veden- ja lumentorjuntaa sekä työskentelyolosuhteiden parantamista varten rakennettu väliaikainen rakennelma, joka koostuu katoksesta sekä seinistä tarpeen mukaan.

1 JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Rakentamisen ja kiinteistönpidon suurimpia laatuongelmia ovat rakennusten kosteus- ja homeongelmat. Kosteus- ja homeongelmista tekee erityisen vakavia se, että ne voivat olla ihmisten terveydelle vaarallisia teknisten ja taloudellisten haittojen lisäksi. [RIL 250-2011] Modernissa yhteiskunnassa ihmiset viettävät valtaosan elinajastaan sisätiloissa. Asumis-, työskentely-, ja opiskeluolosuhteista tulee tehdä terveydelle haitattomia.

13.3.2014 silloinen asunto- ja viestintäministeri Pia Viitanen esitti sisäilmastoseminaarin avauspuheenvuorossaan, että ympäristöministeriön uusiessa rakentamismääräyksiä, rakennustöissä edellytettäisiin aina sää- ja olosuhdesuojausta [Tarkastusvaliokunnan mietintö 1/2013 vp]. Rakentajat ja rakennusteollisuus reagoivat avaukseen tuomalla esiin uhkakuvia, mitä sääsuojauspakosta voisi seurata: rakentamisen kustannusten tarpeeton nousu, sääsuojissa käytettävien siltanostureiden määrän riittämättömyys jokaiseen rakennushankkeeseen, toisten rakennustuotteiden suosiminen kuivana kuljetettavuuden perusteella sekä tarpeeton rakentamisen monimutkaistaminen. Tavoitteena olevaa rakentamisen kosteudenhallinnan parantamista ja rakennusten kosteus- ja homeongelmien ehkäisyä ei kyseenalaistettu, mutta saman lääkkeen määräämistä kaikkiin tapauksiin kylläkin. [Valjus 2014, Mattila 2014]

Rakentamisen kosteudenhallinnan yhtenä ongelmana on kokonaisuuden hallinnan puute, joka huomioisi kosteudenhallinnan koko rakentamisprosessin aikana, alkaen suunnittelu- ja toteutusohjeista, kattaen rakentamisen valmistelun ja itse rakentamisen sekä myös rakennuksen käytön ja ylläpidon. Tilaajan asettamat tavoitteet, toimenpiteet suunnittelun ja toteuttajan sekä käyttäjän ja ylläpitäjän toimesta eivät muodosta toimivaa kokonaisuutta. [RIL 250-2011]

Kiristyneet energiankulutusmääräykset ja sitä kautta kasvaneet eristepaksuudet sekä käytettyjen eristeiden vaihtuminen vähemmän kosteutta läpäiseviksi ovat hidastaneet rakenteiden kuivumista. Myös ilmaston muuttuminen rakennusten kosteusteknisen toimivuuden kannalta haasteellisemmaksi aiheuttaa sen, että rakenteet eivät kuivu entiseen tapaan. Tämän vuoksi rakennuksen rakenteiden kastumisen estämisen ja kuivana rakentamisen merkitys on tärkeää, jotta rakennukset voidaan rakentaa laadittujen aikataulujen mukaisesti ja lopputuote on laadukas.

Lämmöneristyksen lisäys tuo muutoksia käytettyihin rakenteisiin, rakennusosien liitoksiin sekä totuttuihin rakentamistapoihin. Muutosten seurauksena rakennushankkeen jokaiselta osapuolelta tarvitaan taitoa ja huolellisuutta, jotta hallitaan koko rakennuksen kosteustekninen toimivuus. [Lahdensivu, J. et al. 2012]

Kuivana rakentaminen tarkoittaa sitä, että projektikohtaisia kosteusriskejä on pohdittu etukäteen, rakennusaikaisesta suojauksesta on huolehdittu projektin sekä rakentamisen olosuhteiden edellyttämällä tavalla, rakenteiden kuivuminen on otettu huomioon

aikataulussa ja mahdollisesti tarvittava rakenteiden kuivatus on toteutettu järkevästi ja kustannustehokkaasti sekä rakenteiden riittävä kuivuminen varmennetaan rakenteista tehtävillä kosteusmittauksilla.

Tässä tutkimuksessa keskitytään rakentamisen aikaiseen olosuhteiden hallintaan kosteuden osalta. Tutkimuksella pyritään antamaan tuotannon- ja työnjohdolle ohjeet kuivana rakentamiseen sekä listata asioita jota tulisi vaatia muilta rakennusprosessin osapuolilta.

Tutkimus tehdään Mittaviiva Oy:n toimeksiannosta. Mittaviiva Oy on hyvän nykyaikaisen rakennustavan kehittämistoimisto, joka tutkii ja kehittää rakentamista ja sen menetelmiä, tuottaa ohjekirjallisuutta rakennusalalle sekä kouluttaa alan ammattilaisia.

Tutkimuksen tavoitteena on kasvattaa tietämystä rakentamisen kosteudenhallinnasta yrityksen sisällä sekä tuottaa materiaalia jota voidaan hyödyntää tulevilla projekteilla.

1.2 Tutkimuksen rakenne

Tämä diplomityö sisältää kahdeksan lukua. Diplomityön rakennetta on havainnollistettu kuvassa 1. Ensimmäisessä luvussa esitellään tutkimuksen tausta, tutkimuksen rakenne, tutkimuksen tavoitteet ja ongelmat, tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen vaiheet sekä tutkimuksen rajaukset.

Kuivana rakentaminen		
1 Johdanto	1.1 Tutkimuksen tausta 1.2 Tutkimuksen rakenne 1.3 Tutkimuksen tavoite ja tutkimusongelma 1.4 Tutkimusmenetelmät sekä tutkimuksen vaiheet 1.5 Tutkimuksen rajaukset	Vastaa kysymyksiin mitä tutkitaan, miten ja miksi.
2. Kosteusvauriot	2.1 Kosteuslähteet ja kosteuden siirtyminen 2.2 Kosteusvaurioiden muodostuminen 2.3 Rakenteiden tyypillisiä kosteusvauriokohtia	Kirjallisuus-katsaus. Teoria rakentamisen kosteuden-hallinnan taustalla.
3 Rakennushankkeen kosteudenhallinta	3.1 Kokonaisuuden ymmärtäminen 3.2 Hanksuunnitteluvaihe 3.3 Rakennussuunnitteluvaihe 3.4 Rakentamisvaihe 3.5 Käyttöönotto	
4 Osapuolien kosteudenhallinnan tehtävät	4.1 Rakennuttaja 4.2 Suunnittelija 4.3 Päätoteuttaja 4.4 Materiaalitoimittaja 4.5 Käyttäjä	
5 Kuivana rakentamisen malli	5.1 Kuivanapito rakentamisessa 5.2 Edellytysten luominen 5.3 Toimivien suunnitelmien laatiminen 5.4 Materiaalitoimitukset tehtaalta työmaalle 5.5 Työmaatoteutus 5.6 Käyttö	Esitellään testattava malli.
6 Mallin testaus: Käytännön sovellukset	6.1 Yleinen ohje 6.2 Yrityskohtainen ohje	Mallin käytännön sovellusten esittely.
7 Tutkimuksen analyysi	7.1 Kirjallisuuskatsaus 7.2 Malli 7.3 Ohjeet	Pohditaan onnistumista ja toimivuutta.
8 Johtopäätökset		Mitä tutkimus antoi.

Kuva 1. Tutkimuksen rakenne

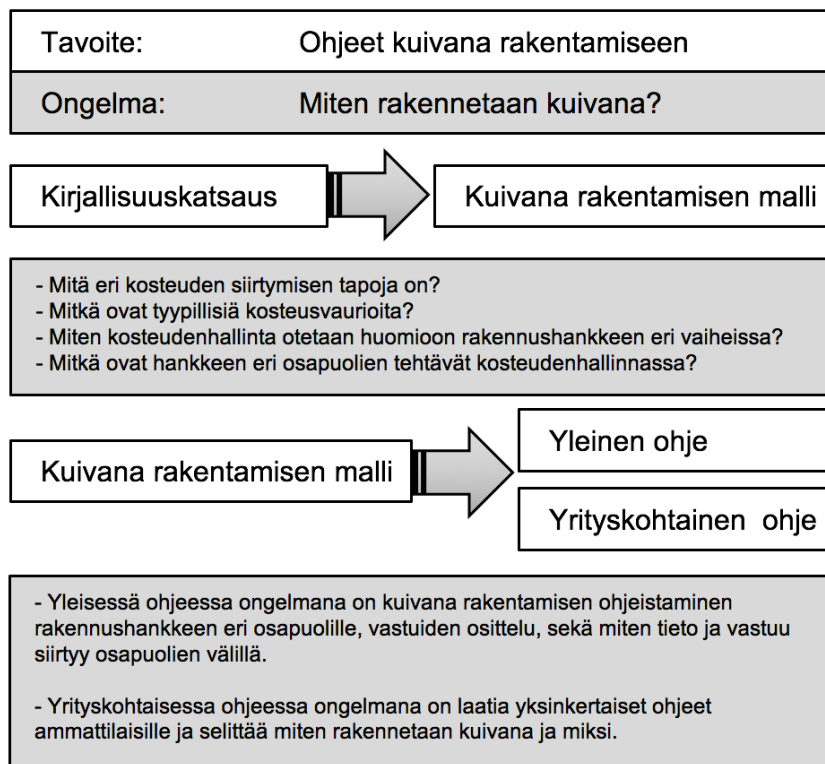
Luvuissa 2-4 esitellään kirjallisuuskatsauksen tulokset. Toisessa luvussa esitellään tyypillisimpiä kosteuslähteitä ja -vaurioita. Kolmas luku käsittelee rakennushankkeen kosteudenhallintaa. Neljännessä luvussa tarkastellaan kosteudenhallintaa eri osapuolien näkökulmasta.

Viidennessä luvussa esitellään kirjallisuuskatsauksen pohjalta muodostettu kuivana rakentamisen malli. Luvussa kuusi käydään läpi kehitetyn mallin testaus kahdessa eri käyttötarkoituksessa, yrityskohtaisena ohjeena sekä yleisenä ohjeena.

Seitsemännessä luvussa tarkastellaan kirjallisuuskatsauksen, muodostetun mallin sekä mallin pohjalta laadittujen ohjeiden toimivuutta. Kahdeksannessa luvussa esitellään tutkimuksen pohjalta vedetyt johtopäätökset ja pohditaan jatkotutkimusmahdollisuuksia.

1.3 Tutkimuksen tavoite ja tutkimusongelma

Tutkimuksen päätavoite on esittää ohjeet kuivana rakentamiseen. Tutkimuksen pääongelma on siis selvittää, miten rakennetaan kuivana. Tutkimuksen tavoitteita ja ongelmia havainnollistetaan kuvassa 2.



Kuva 2. Tutkimuksen tavoitteiden ja ongelmien esittely.

Tutkimuksen tavoitteet ja ongelmat voidaan ositella tutkimusten vaiheiden mukaan, joita käsitellään luvussa 1.4. Kirjallisuuskatsauksen pohjalta on tarkoitus aikaansaada kuivana rakentamisen malli, jonka perusteella laaditaan yleinen ja yrityskohtainen ohje kuivana rakentamiseen.

1.4 Tutkimusmenetelmät sekä tutkimuksen vaiheet

Kuivana rakentamista on lähestytty konstrukttiivisen tutkimuksen näkökulmasta, jolla pyritään ratkaisemaan reaaliaikailman ongelmia sekä tuottamaan itse keksittyjä tai kehitettyjä ratkaisuja käsiteltävään ongelmaan. Kehittävällä konstruktioilla voidaan tarkoittaa esimerkiksi mallia, diagrammia, suunnitelmaa tai organisaatorakennetta, tässä tutkimuksessa kuivana rakentamisen mallia. [Lukka 2001]

Reaaliaikailman ongelman kanssa työskenteleminen edellyttää tiivistä yhteistyötä tutkijan ja käytännön edustajien välillä. Konstrukttiivinen tutkimusprojekti on käytännössä melko lähellä konsultointiprojektia, sillä erotuksella, että konstruktioiseen tutkimukseen sisältyy syvempi analyysi aiheeseen liittyvän teorian ja kehitetyn mallin osalta. Ideaalinen tulos on, että tosielämän ongelma saadaan ratkaistua uudella käytäntöön sovelletulla konstruktioilla. [Lukka 2001]

Tutkimus alkoi kirjallisuuskatsauksella, jonka aineistona käytettiin valmiiksi olemassa olevia dokumentteja, kuten alan ohjekirjallisuutta, aiheeseen liittyviä opinnäytteitä sekä ohjekalvosarjoja ja verkkosivustoja. Kirjallisuuskatsauksen pohjalta laadittiin malli, jota testataan kahdessa eri käyttötarkoituksessa. Ensimmäinen testauskohde on käyttää mallia ison rakennusyrityksen työmaahenkilökunnan kuivana rakentamisen ohjeena. Toinen testauskohde on yleisempi rakennushankkeen eri osapuolille tarkoitettu ohjeistus.

Mallin luomisessa tukeuduttiin myös avoimeen haastattelututkimukseen, jotta Mit-taviiva Oy:n vanhempien tieteenharjoittajien, erityisesti DI Tuomas Palolahden, joka oli mukana Frame-hankkeessa, tietämystä aiheesta päästiin hyödyntämään. Molemmissa testauskohteissa oli ohjeen laadinnan tukena ohjausryhmä, jotka asettivat ohjeelle tavoitteen, valvoivat ja seurasivat ohjeen laadinnan edistymistä sekä ohjasivat oman asiantuntemuksensa pohjalta ohjeiden sisällöllisen tavoitteiden toteutumista.

Sekä kirjallisuuskatsauksesta että mallista ja testauskohteista tehtiin laadullinen analyysi, jossa peilataan vastaavatko tulokset alkuperäisiä tavoitteita, soveltuuko lopputulos käyttötarkoitukseensa, löytyikö lopputuloksesta puutteita ja pohditaan mistä puutteet mahdollisesti johtuivat.

1.5 Tutkimuksen rajaukset

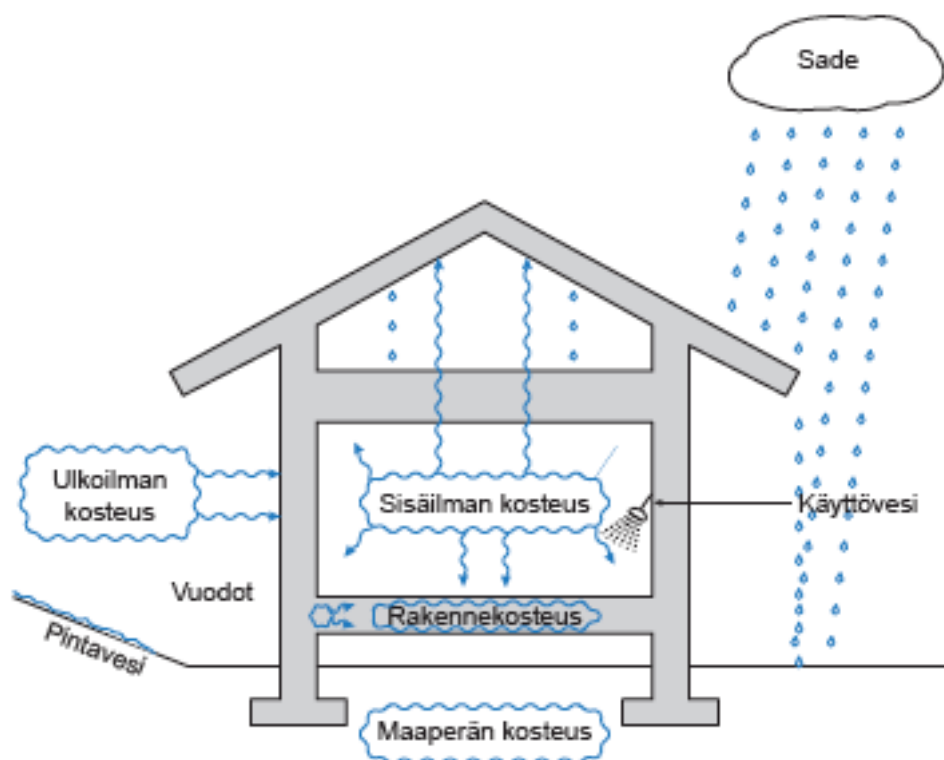
Tutkimus rajataan käsittelemään kokonaisvaltaisesti päätoteuttajan näkökulmaa kuivana rakentamisesta. Käsiteltäviä kohtia ovat ne, joihin voidaan vaikuttaa päätoteuttajan tuotannon- ja työnjohdossa. Tutkimus rajataan käsittelemään rakentamisen valmistelu- ja rakentamisvaihetta. Tutkimus rajataan käsittelemään uudisrakentamista.

Tutkimuksessa käydään lyhyesti läpi rakentamisen muiden osapuolien kuten tilaajan, viranomaisten suunnittelijoiden ja käyttäjän vaikutusmahdollisuudet, mutta niihin ei syvennyttä. Tutkimuksessa käydään läpi rakentamisen muita vaiheita, kuten hankesuunnittelun, rakennussuunnittelun ja rakennuksen käyttöönotto, mutta muita vaiheita käsitellä tarkemmin. Pääpainona on päätoteuttajan rooli sekä rakentamisvaihe.

2 KOSTEUSVAURIOT

2.1 Kosteuslähteet ja kosteuden siirtyminen

Kuivana rakentamiseen liittyy olennaisesti kosteuden siirtymisen rajoittaminen, joten on tärkeää tunnistaa kosteuslähteet. Rakennuksen kosteuslähteitä on esitetty kuvassa 3. Rakennuksen kosteuslähteet voidaan jakaa ulkoisiin ja sisäisiin kosteuslähteisiin. Ulkoisia kosteuslähteitä ovat esimerkiksi lumi- ja vesisade jotka voivat tuulen vaikutuksesta siirtyä myös vaakatasossa, pinta- ja pohjavedet, maaperän kosteus sekä ulkoilman kosteus. Sisäisiä kosteuslähteitä ovat esimerkiksi rakennekosteus, sisäilman kosteus sekä siivous- ja käyttöveden kosteus. [RIL 250-2011]



Kuva 3. Rakennuksen kosteuslähteet. Muokattu lähteestä RIL 250-2011

Kosteus voi siirtyä rakenteisiin ja rakenteissa veden eri muodoissa ja eri voimien vaikutuksesta kuvan mukaisesti. Kosteus voi siirtyä konvektiolla, diffuusiolla, kapillaarisesti sekä painovoiman tai muun ulkoisen voiman vaikutuksesta. [RIL 250-2011]

Konvektion kautta siirtyvä kosteus kulkeutuu ilmavirtauksien mukana. Ilmavirtauksia aiheuttavat tuuli ja ilmanpaine-erot. Konvektiolla siirtyy suuria ilmamääriä jo pienistäkin rakenteen vuotokohdista. Niin sanottu ”savupiippuvaikutus” aiheuttaa suurimmat konvektiosta aiheutuvat kosteusvaurioriskit seinien yläosiin ja kattorakenteisiin. [RIL 250-2011]

Merkittävä osa rakennuksen kosteusteknisestä toiminnasta perustuu veden painovoimaiseen siirtymiseen, jonka mukaan vesi pyrkii siirtymään painovoiman vaikutuksesta alemmaksi. Vesi pyritään johtamaan hallitusti pois räystäskourujen, maanpinnan kallistusten ja salaojien avulla. Vahingollista painovoimaista siirtymistä esiintyy rakenteiden välisissä raoissa ja liittymissä, joiden kautta vettä voi päästä rakenteisiin. [RIL 250-2011]

Kapillaarinen kosteudensiirtyminen tapahtuu huokosalipaineen vaikutuksesta, ja siirtymä voi tapahtua kaikkiin suuntiin, myös ylöspäin. Veden kapillaarinen nousu loppuu, kun huokosalipaineen aiheuttama kapillaarinen imu ja painovoima ovat yhtä suuria. Huokosalipaine ja kapillaarinen nousukorkeus riippuvat materiaalista. [RIL 250-2011]

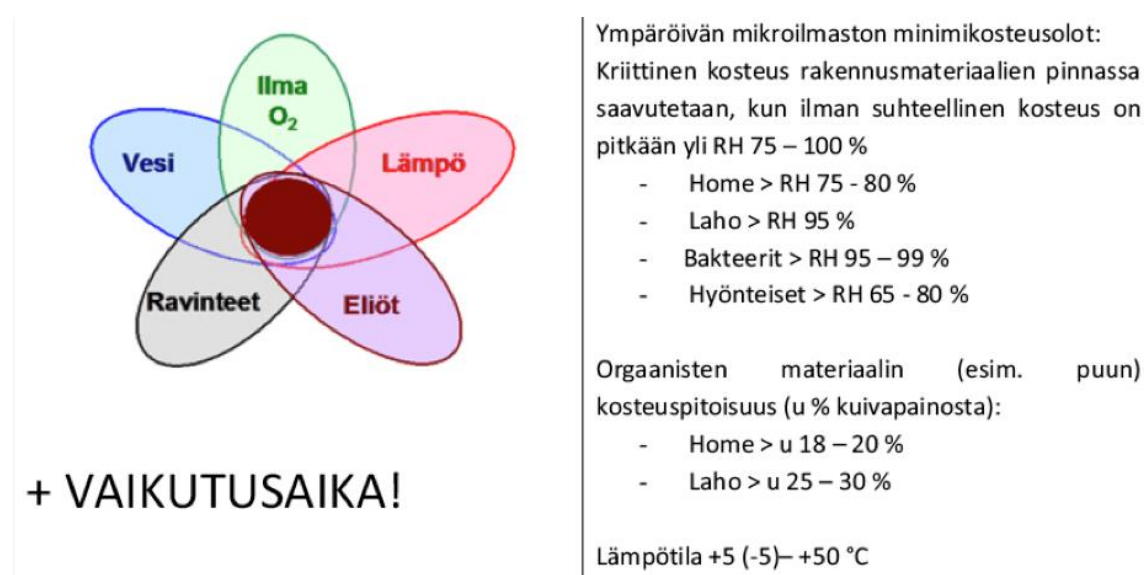
Kapillaarisen vedennousun katkaiseva kerros on erittäin tärkeä maanvastaisissa rakenteissa. Kapillaarisen vedennousun katkaiseva kerros tehdään maa-aineksesta, jonka raekoko on riittävän karkeaa tai esimerkiksi bitumilla alapohjalaatan ja seinän välisessä liitoksessa. [RIL 250-2011]

Diffuusiota syntyy, kun ilman vesihöyrynpitoisuuksien ero pyrkii tasoittumaan rakenteen läpi. Diffuusiolla tapahtuvan virtauksen suuruus riippuu vesihöyrypitoisuuseron suuruudesta sekä rakenteen vesihöyryn läpäisevyydestä. Ongelmia syntyy, kun rakenteeseen pääsee diffuusiolla enemmän vesihöyryä sisään kuin sitä pääsee poistumaan rakenteesta. [RIL 250-2011]

2.2 Kosteusvaurioiden muodostuminen

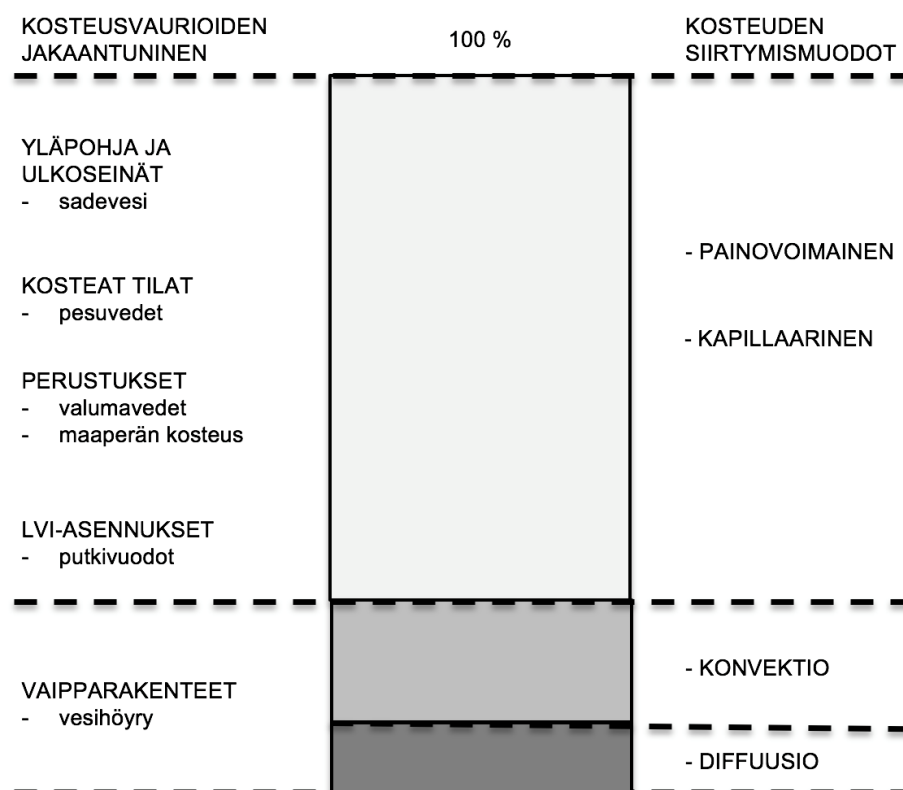
Kosteusvauriot syntyvät, kun rakenteissa on kosteutta, joka ei pääse poistumaan riittävän nopeasti. Tarvittava kosteuden poistumisnopeus riippuu rakenteessa käytettyjen materiaalien kosteudensietokyvystä. Hyvin kosteutta sietäviä materiaaleja ovat kiviainespohjaiset tuotteet, kun taas esimerkiksi kipsilevyt ovat herkkiä vaurioitumaan kosteuden seurauksena. On huomioitava, että vaikka rakenteen yksi materiaali kestäisi kosteutta hyvin, niin rakenteessa olevat muut materiaalit kuten liimat ym. sideaineet, eivät välttämättä kestä kosteutta yhtä hyvin. [Niemelä 2014]

Rakenteessa oleva liiallinen kosteus yhdistettynä otolliseen lämpötilaan voi muodostaa suotuisan kasvualustan mikrobeille. Riittävän kosteuden ja lämmön lisäksi mikrobit tarvitsevat kasvaakseen happea ja ravinteita. Rakenteissa happi ei yleensä ole rajoittava tekijä, vaan kosteudella ja lämpötilalla ja niiden vaikutusajalla on ratkaiseva merkitys. Mikäli rakenteeseen syntyy mikrobikasvustoa, puhutaan kosteus-, mikrobi-, home-, tai lahovioista tai –vaurioista riippuen ongelman luonteesta, laajuudesta ja vakavuudesta. Vaurioiden kriittisiä tekijöitä esitetään kuvassa 4. [RIL 250-2011]



Kuva 4. Materiaalien vaurioitumisen kannalta kriittiset tekijät. Lähde RIL 250-2011

Kosteudesta aiheutuva rakenteiden vaurioituminen voi tapahtua veden painovoimaisen siirtymisen seurauksena, vesivuodoista, kapillaarisesta siirtymästä, konvektiosta tai diffuusiosta. Kuvassa 5 on havainnollistettu kosteusvaurioiden arvioitua jakautumista. [Vinha 2011, Niemelä 2014]



Kuva 5. Rakennusten kosteusvaurioiden arvioitu jakautuminen. Muokattu lähteestä Vinha 2011.

Vaikka valtaosa kosteudesta siirtyy painovoimaisen ja kapillaarisen kosteuden siirtymisen kautta, ei diffuusion ja konvektion aiheuttamia ongelmia tule vähätellä. [Vinha 2011]

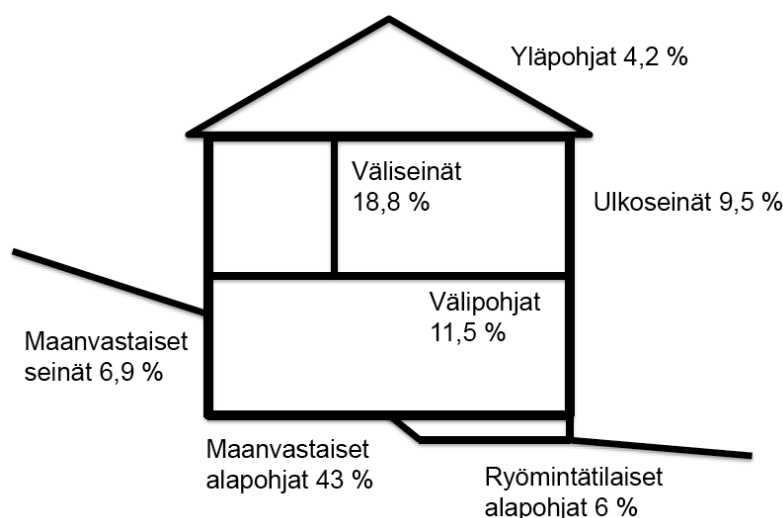
Kosteus- ja homeongelmista tekee erityisen vakavia se, että ne voivat olla ihmisten terveydelle vaarallisia teknisten ja taloudellisten haittojen lisäksi. Rakenteisiin joutuva kosteus voi aiheuttaa erilaisia fysikaalisia, kemiallisia, biologisia ja esteettisiä haittoja, joita ovat esimerkiksi pakkasvauriot, muodonmuutokset, lujuuden heikkeneminen tai likaantuminen ja värinmuutokset. [RIL 250-2011]

2.3 Rakenteiden tyypillisiä kosteusvauriokohtia

2.3.1 Yleistä rakennuksen kosteusvauriokohdista

Mahdollisten ja yleisten kosteusvauriokohtien kartoituksessa voidaan käyttää apuna esimerkiksi aiempien hankkeiden takuukorjaus- tai virhedataa tai aiempia tutkimushankkeita kuten Hometalkoot- tai Frame-hankkeiden tuloksia. Kosteudenhallintaan ja kosteusvaurioihin liittyen on olemassa myös paljon virheellistä tietoa, joten ongelmana on oikean tiedon suodattaminen ja arvioiminen tiedon puutteen sijasta. [Niemelä 2014, RIL 250-2011]

Rakenteiden tyypilliset kosteusvauriot riippuvat käytetyistä rakenneratkaisuista ja ne ovat ominaisia eri aikakausilla Kosteus- ja hometalkoot -sivustolla on esitetty kerrostalojen ja omakotitalojen tyypillisiä vaurioita eri vuosikymmenillä. Rakennusinsinööriliiton julkaisussa ”RIL 250-2011 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen” on esitetty rakennusten tyypillisiä kosteusvauriokohtia rakenteittain. Sisäilmastoseminaarissa 2014 esiteltiin koulurakennusten kosteus- ja mikrobivaurioita, joita oli havaittu Tampereen teknillisen yliopiston suorittamissa kuntotutkimuksissa. Havainnot jakautuivat eri rakenteisiin kuvan 6 mukaisesti. [www.hometalkoot.fi; RIL 250-2011; Annila et al. 2014]



Kuva 6. Kosteusvaurioiden jakautuminen eri rakenteisiin koulurakennuksissa TTY:n suorittamien kuntotutkimusten perusteella. Lähde Annila et al. 2014

Yläpohja- ja ulkoseinärakenteiden pientä osuutta selitetään sillä, että nämä rakenteet on suunniteltu suojaamaan ulkoilman kosteusrasituksilta. Myös vanhojen rakenteiden yläpohjan heikko eristys ja hyvä tuuletus arveltiin vaikuttaa yläpohjan kuivumiskykyyn ja sitä kautta vaurioiden vähyyteen. Alapohjarakenteiden vauriot selitettiin sillä, että alapohjarakenteiden kosteusteknistä toimivuutta ei ole ymmärretty, kapillaarisesti ja diffuusiolla liikkuvan kosteuden kulkemista ei ole estetty, rakenteissa on käytetty orgaanisia materiaaleja ja ryömintätilojen tuuletus on ollut puutteellinen. [Annila et al. 2014]

2.3.2 Perustusten ja alapohjien kosteusvauriot

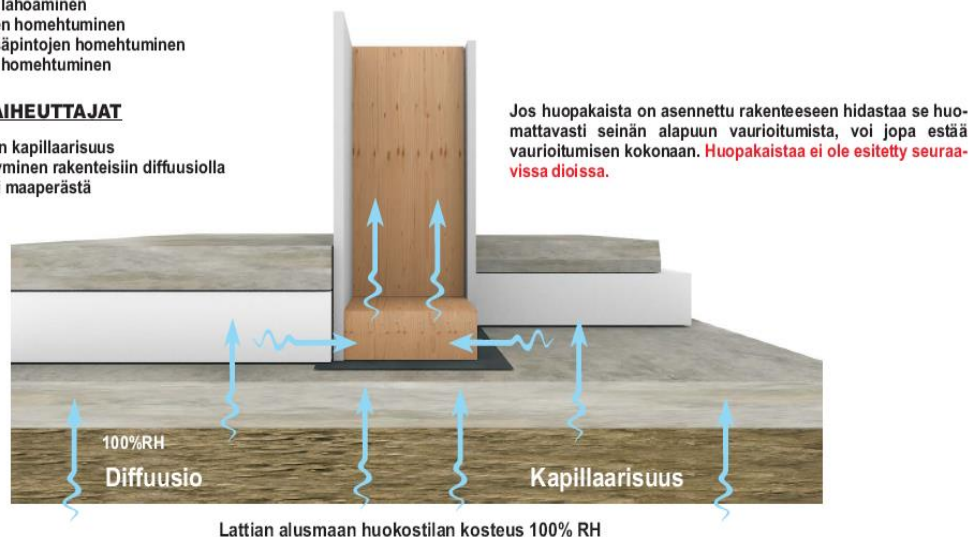
Perustusten ja alapohjien kosteusvaurioiden yleisiä syitä ovat maaperän kosteus, sadevedet, kylmäsillat sekä märkätilojen ja putkistojen vesivuodot. Kuvassa 7 on esitetty maanvastaisen alapohjan ja puurakenteisen väliseinän riskikohtia. [RIL 250-2011]

VAURIOT

1. Seinän alapuun lahoaminen
2. Seinärakenteiden homehtuminen
3. Seinälevyjen sisäpintojen homehtuminen
4. Seinän alapuun homehtuminen

VAURIOIDEN AIHEUTTAJAT

1. Lattian alusmaan kapillaarisuus
2. Kosteuden siirtyminen rakenteisiin diffuusiolla ja kapillaarisesti maaperästä



Kuva 7. Alapohjan ja puurakenteisen väliseinän kosteusriskejä. Lähde Kosteus- ja home-talkoot - Tunnista ja tutki riskirakenne.

Alapohjan alla on hyvin usein homeen kasvulle otolliset olosuhteet ja alapohjarakenteen ilmatiiviyyden varmistaminen on tärkein yksittäinen asia, joka tulee varmistaa. Tiivis rakenne estää homeiden, mikrobien sekä radonin pääsyn sisäilmaan. Liitokset sekä läpivientikohtien tiivistäminen tulee tehdä huolella. [Lahdensivu et al. 2012]

Maanvastaisiin alapohjiin aiheutuu mahdollisia kosteusvaurioita myös lattian kapillaarisen kastumisen, maaperästä diffuusiolla nousevan kosteuden, liian aikaisen pinnoituksen, huonojen rakenteellisten ratkaisuiden, putkivuotojen sekä puutteellisten kapillaarikatkojen seurauksena. Laatan ja puurakenteisen seinän välisen kapillaarikatkon puutteellisuus on esimerkki huonosta rakenteellisesta ratkaisusta. [RIL 250-2011]

Tuulettuvien alapohjien tapauksessa kosteusvaurioiden syitä ovat ryömintätilaan jääneet rakennusjätteet ja muu orgaaninen aines, maaperästä haihtuva liiallinen kosteus, ryömintätilan liiallinen kylmyys kesällä, putkivuodot ryömintätilassa ja kapillaarikatkon puuttuminen laatan ja puukoolauksen välissä. [RIL 250-2011]

2.3.3 Välipohjien kosteusvauriot

Välipohjarakenteille tyypillisiä kosteusvaurioita aiheutuu ontelolaattojen poistamattomista ontelovesistä, rakenteiden välisten saumojen, läpivientien ja liitosten puutteista sekä rakenteen liian varhaisesta pinnoittamisesta. [RIL 250-2011]

Välipohjarakenteiden kosteudenhallinnassa on tärkeää estää kosteuden valuminen välipohjan päältä alempiin rakenteisiin. Kuvan 8 välipohjassa kosteuden valumista ylemmistä kerroksista ei ole estetty. [RIL 250-2011, Ratu S-1232 Rakennustyömaan suojaus]



Kuva 8. Välipohjarakenne saa tarpeetonta lisäkosteutta holvilta valuvasta vedestä. Välipohja kuivuu hitaammin varastoitavan materiaalin alta. Lojumaan jätetty rakennusjäte sitoo kosteutta ja hidastaa kuivumista.

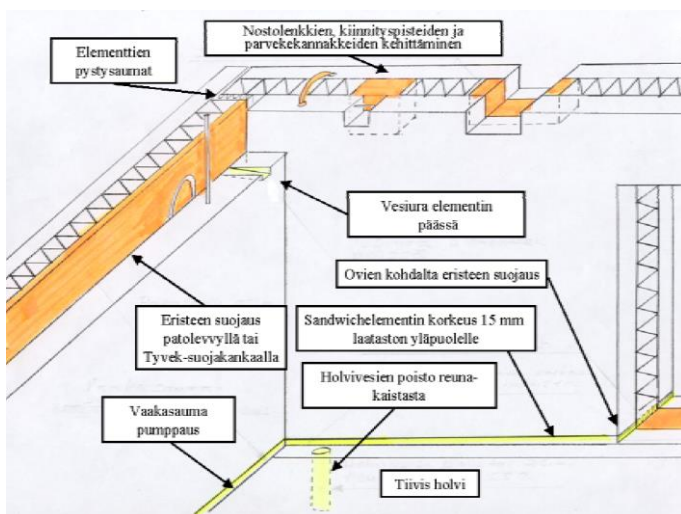
Kuvasta 8 voi myös huomata, että välipohjalle jätetty rakennusjäte sitoo kosteutta. Rakennusjäte ja välipohjalla varastoitu rakennusmateriaali hidastavat välipohjan kuivumista, koska ilma ei pääse vapaasti kiertämään rakenteen pinnassa.

Välipohjan ja ulkoseinän väliset liitokset on tehtävä huolella. Välipohja suojaa alempia rakenteita kosteudelta, mikäli välipohja on tiivis ja vedenpoistosta on huolehdittu. Tiiveyden kannalta on tärkeää huolehtia saumojen huolellisesta toteutuksesta ja läpivientien tulppauksesta. Myös kosteuden siirtyminen välipohjalta ulkoseinien eristetilaan tulee estää. Estämistapoja on esitetty kuvassa 9. [Teriö 2003, RIL 250-2011, RIL 107-2012, Lahdensivu et al. 2012]

2.3.4 Ulkoseinien kosteusvauriot

Ulkoseinien yleisiä kosteusvaurioiden syitä ovat puutteet ikkuna- tai muut julkisivun pellityksissä, räystäissä ja syöksytorvissa, sekä liitoskohdissa. [RIL 250-2011]

Veden pääsy seinän eristetilaan on estettävä. Kaareva holvi ohjaa vettä erityisesti kantaville seinille, jolloin seinän eristetilän suojaamisesta on pidettävä erityistä huolta. Ikkuna- ja muut julkisivun aukot on suojattava. Ikkuna-aukon alareuna on suojattava vanerilla ennen pellitystä. Muuratussa julkisivussa muuraustelineeseen on rakennettava sääsuoja eristeiden kastumisen estämiseksi. Kuvassa 9 on esitetty valmisosarakentamisen kosteudenhallinnan ongelmakohtia ja ratkaisuehdotuksia välipohjien sekä ulkoseinien osalta. [Teriö 2003, Työmaan kuivanaapito suojaamalla 2014]



Kuva 9. Valmisosarakentamisen kosteudenhallinnan pääasialliset ongelmakohdat ja eräitä ratkaisuehdotuksia. Lähde: Teriö 2003

Ulkoseinärakenteen tulee tuulettua suunnitellusti. Muuratussa julkisivussa on huolehdittava siitä, etteivät laastipurseet täytä tuuletusväliä. Kerroksellisissa rakenteissa tulee varmistaa riittävän leveä tuuletusväli. Massiivirakenteissa seinissä erillistä tuuletusväliä ei tarvita. [RIL 250-2011]

Seinän ulko-osan liittymiseen tulee olla myrskysateenpitävä ja sen tulee estää tuulen haitalliset vaikutukset. Seinän sisäosan tulee olla ilmanpitävä ja vesihöyryn haitallinen siirtyminen pitää estää. Rakenteella tulee olla kuivumiskykyä. Paras tapa estää viistosateen vaikutukset julkisivuun on rakentaa räystäät. Yksityiskohdissa tulee myös ottaa huomioon tuulen kuljettama sadevesi. Tuuli voi kuljettaa vettä myös seinäpintaa pitkin ylöspäin. [RIL 250-2011]

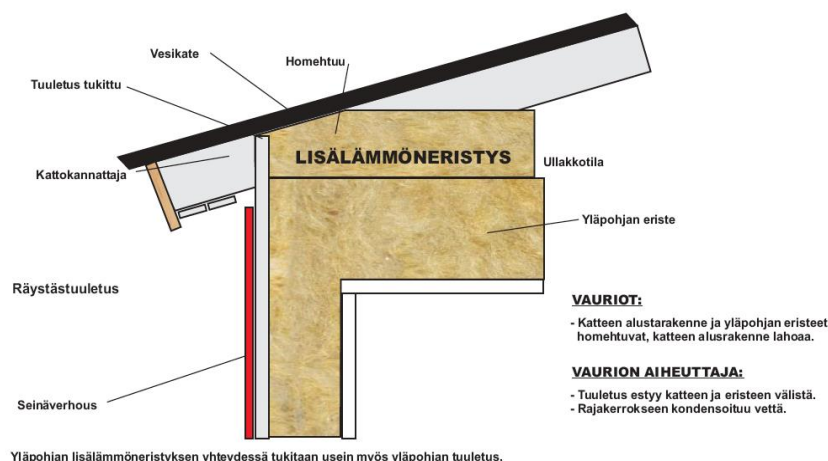
Saumavuotojen ehkäisyssä tulee muistaa laadunvarmistus. Tuuletusputket tulee asentaa riittävään kaltevuuteen, jotta vesi ei pääse tunkeutumaan niiden kautta rakenteen sisään. Saumausmassan tartunta tulee varmistaa. Saumojen rakenne tulee suunnitella siten, että vuotamisesta huolimatta vesi ei pääse heti rakenteen sisään. [RIL 250-2011, RIL 107-2012, Lahdensivu et al. 2012]

2.3.5 Yläpohjien kosteusvauriot

Yleisiä syitä kattojen ja yläpohjien kosteusvaurioille ovat puutteet vesikatteen läpivienneissä, liitoksissa ja saumakohdissa, veden lammikoituminen puutteellisten kallistuksien, kattokaivojen tukkeutumisen tai vesikattorakenteiden taipumien seurauksena, sekä rakennusaikainen kastuminen. Liian matalat räystäskorotukset ja puutteelliset pellitykset aiheuttavat myös ongelmia. Lisääntynyt lämmöneristys on tehnyt yläpohjan kosteusteknisen toiminnan haastavammaksi, joten rakennusaikaisen kastumisen ehkäiseminen on tärkeää. [RIL 250-2011, Lahdensivu et al. 2012]

Yläpohjan ilma- ja höyrytiiviyyteen tulee kiinnittää huomiota. Aluskatteeksi suositellaan diffuusioavointa, eli vettä pitävää mutta höyryä läpäisevää, aluskatetta. Tuuletuksen järjestämiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota rakennuksen räystäillä, harjalla ja muissa epäjatkuvuuskohdissa (jiirit tms.). Harjalla on järjestettävä tuuletus rakennuksen päistä ja esteetön tuuletuskanava harjan suuntaisesti tai tuuletus on varmistettava rakennuksen harjalla erityisjärjestelyin. Tuuletus ei toimi toista lapetta ylöspäin ja toista alaspäin, vaan ilman kierto estyy. [RIL 250-2011]

Ilmastomuutoksen seurauksena ulkoilma sisältää enemmän kosteutta, joka lisää ajoittain merkittävästi yläpohjan kosteusrasitusta. Yläpohjaa tulee tuulettaa, mutta liian suuri tuuletus voi heikentää tuuletusvälin/-tilan kosteusolosuhteita. Tuuletilan suositeltava ilmanvaihtokerroin on 0,5-1,0 1/h. Kuvassa 10 on havainnollistettu yläpohjan lisälämmöneristyksen mahdolliset vaikutukset rakenteen tuulettumiseen. [Lahdensivu et al. 2012, Kosteus- ja hometalkoot]



Kuva 10 Yläpohjan tuuletuksen tukkeutuminen on yksi yläpohjan kosteusvaurioiden aiheuttaja. Lähde: Kosteus- ja hometalkoot.

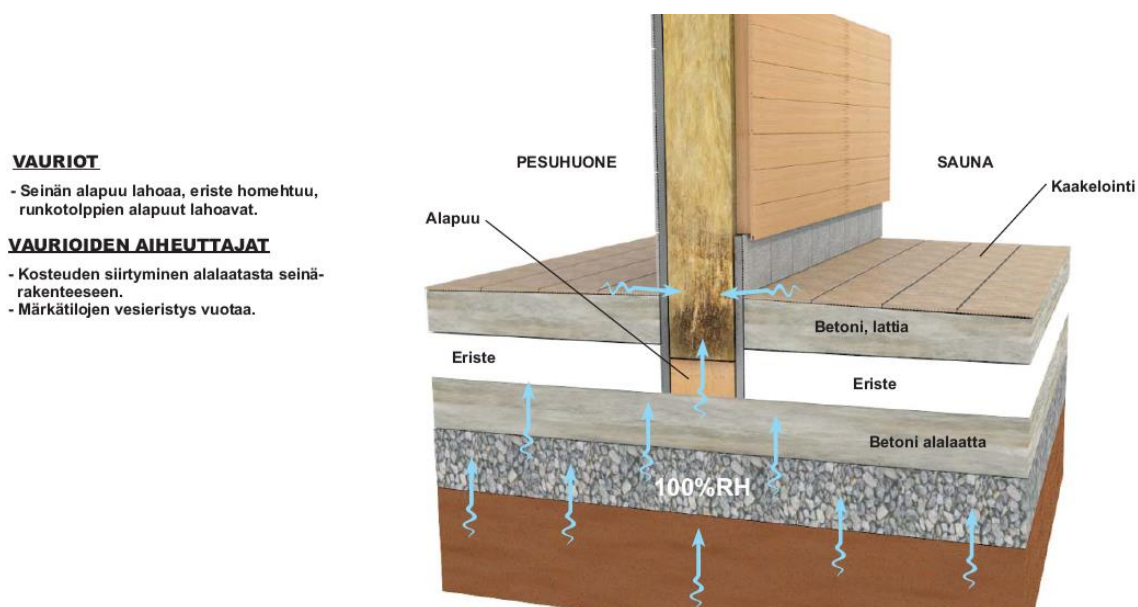
Rakentamisen aikana rakenteeseen ei saa päästä vettä, sillä kosteuden poistuminen vesikattorakenteista on hidasta. Yläpohja voidaan rakentaa sääsuojassa tai yläpohjarakenne voidaan valmistaa esimerkiksi maassa valmiiksi, josta se nostetaan kerralla paikalleen. Mikäli sääsuojia ei käytetä, tulee asennustyö suunnitella niin, että lämmöneristeet ehditään peittämään tilapäissuojilla sateen sattuessa ja vesikate ehditään asentaa ennen työpäivän päättymistä. Yläpohjan lämmöneristeet on asennettava kuivalle pinnal-

le. Rakentamisesta aiheutuva lisäkosteus poistetaan tarvittaessa koneellisesti tai tuule-
tusta tehostamalla. [Lahdensivu et al. 2012, Työmaan kuivanapito suojaamalla 2014]

Katon kaltevuus tulee valita katemateriaalin mukaan. Lovilla katoilla (1:80-1:10)
käytetään jatkuvia katteita. Jyrkillä katoilla (1:10 ja jyrkemmät) voidaan käyttää epäjat-
kuvia katemateriaaleja aluskatteen yhteydessä. Kattokaivojen osalta katolle tulee suunnitella ylijouksutusmahdollisuus. [RIL 107-2012]

2.3.6 Väliseinien, märkätilojen ja parvekkeiden kosteusvauriot

Väliseinien kosteusongelmat johtuvat useimmiten väliseinän virheellisestä liitoksesta
alapohjan kanssa, jolloin vesi pääsee nousemaan kapillaarisesti väliseinärakenteisiin [ks.
kuva 11]. Kipsilevyväliseinät ovat herkkiä kosteudelle ja erityisesti kaksoiskipsilevyvä-
liseinissä lattian märkäpesusta aiheutuva kosteus on aiheuttanut kosteusvaurioita. [RIL
250-2011, RIL 107-2012]



Kuva 11. Väliseinän virheellinen liitos alapohjaan altistaa märkätilan kosteusvauriolle.
Lähde: Kosteus- ja hometalkoot.

Märkätilojen ongelmia ovat saumojen aukeaminen, mattojen ja tapettien kupruile-
minen, laattojen irtoaminen, sekä puutteellisista kallistuksista johtuva veden lammikoi-
tuminen. Vedeneristys tulee tehdä suunnitelmien mukaisesti. [RIL 250-2011, RIL 107-
2012]

Betonisten parvekerakenteiden kosteusvauriot aiheutuvat veden imeytymisestä ra-
kenteeseen. Imeytymistä lisäävät halkeamat ja vialliset saumat sekä parvekelaatan puut-
teellinen vedenpoisto. Kosteusvauriot voivat ilmetä rakenteen rapautumisena. Puuraken-
teisen parvekkeen kosteusvauriot johtuvat useimmiten puutteellisten tai virheellisten
kaatojen, liittymien sekä suunnittelu- ja työvirheiden seurauksena rakenteisiin jäävästä
kosteudesta. [RIL 250-2011, RIL 107-2012]

3 RAKENNUSHANKKEEN KOSTEUDENHAL- LINTA

3.1 Kokonaisuuden ymmärtäminen

Kosteudenhallinta tulee ymmärtää kokonaisuutena. Rakennuspaikan sijainti ja olosuhteet sekä alkuvaiheessa tehdyt ratkaisut kosteudenhallinnan tavoitteiden suhteen vaikuttavat oleellisesti rakentamisaikaisiin kosteudenhallintatoimiin. Rakennuksen kosteusra-
situs ja vaurioiden estämiseksi tehtävät toimenpiteet tulee ottaa huomioon koko raken-
nuksen elinkaarta ajatellen. [Niemelä 2014]

Kosteus- ja homeongelmiin on monia syitä ja usein vaurioon asti edenneet ongel-
mat ovat monen tekijän summa. Yleisiä syitä ovat puutteet hankkeen kokonaishallinnas-
sa, rakentamisen sääsuojauksessa ja olosuohdehallinnassa, rakennuksen käytössä ja yllä-
pidossa sekä riittämättömästä panostuksesta suunnitteluun. Muutokset rakennuskannas-
sa, materiaaleissa ja käyttötavoissa aiheuttavat myös ongelmia. Noudattamalla hyviä
menettely- ja suunnitteluperiaatteita pyritään ongelmien syyt poistamaan. Kuvassa 12
on esitetty rakennusvaiheittain ongelmien poistoon tähtääviä kosteudenhallinnan toi-
menpiteitä. [RIL 250-2011]



Kuva 12. Kosteudenhallintaan liittyvät päävaiheet ja tehtäviä hankkeen eri vaiheessa.
Lähde RIL 250-2011

Kuvan 12 mukaisesti rakennushankkeen kosteudenhallinnassa tulee ottaa huomioon rakennuksen koko elinkaari ja kaikki rakennushankkeen vaiheet kokonaisuutena. Kos-
teudenhallintaprosessiin kuuluu kosteudenhallintasuunnitelman laadinta ja täydentämi-
nen rakennushankkeen eri vaiheissa, sekä kosteudenhallintasuunnitelman noudattami-
nen toteutusvaiheessa. Kosteudenhallinta jatkuu rakentamisen jälkeen rakennuksen oi-
keanlaisena käyttönä, jota ohjeistetaan huoltokirjassa. [RIL 250-2011]

3.2 Kosteudenhallinta hankesuunnitteluvaiheessa

3.2.1 Kosteudenhallinnan tavoitteet ja vaatimukset

Hankesuunnitteluvaiheessa rakennuttaja asettaa tavoitteet ja vaatimukset kosteudenhallinnalle. Kosteudenhallinnan tavoitteiden ja vaatimusten asettelulla pyritään estämään ylimääräinen ja vahinkoa aiheuttava kosteus rakenteissa. Vaatimuksia kosteudenhallinnalle esitetään rakennuslaissa (MRL) sekä –asetuksessa (MRA). Vaatimukset kohdistuvat rakennuksen terveellisyyteen ja käyttöturvallisuuteen. Rakennuttajan tulee huolehtia, että viranomaisvaatimukset täyttyvät myös kosteudenhallinnan osalta. [Niemelä 2014]

Rakennusmääräyskokoelmassa A2 luokitellaan rakennusten rakennusfysiikan suunnittelun vaativuudet eri luokkiin ja määritellään suunnittelijan pätevyysvaatimukset. Rakennusmääräyskokoelmassa A4 ohjeistetaan rakennuksen käyttöä ja -huoltoa. Rakentamismääräyskokoelmassa C2 määritellään, että rakennuksen käyttäjille ei saa aiheutua hygienia- tai terveysriskiä kosteuden kertymisestä rakennuksen osiin tai sisäpinnoille. [RIL 107-2012]

Hankesuunnitteluvaiheessa rakennuttaja määrittelee yksinkertaisilla ja selkeillä lauseilla kosteudenhallinnan tavoitteet yhdessä ammattilaisten kuten pääsuunnittelijan tai kosteudenhallintaan erikoistuneen konsultin kanssa. Rakennuttajan määrittelemät tavoitteet sitovat ja ohjaavat suunnittelua, työmaavaihetta sekä käyttöönottoa ja huoltoa. Tavoitteet määritellään projektihallinnolle, suunnitteluratkaisuille, työmaan olosuhdehallinnalle, ylläpidolle ja käytölle sekä sisäilmastoon liittyville tavoitteille. Kosteudenhallinnan tavoitteet kulkevat mukana rakennushankkeen eri vaiheissa, kun tavoitteet tallennetaan kosteudenhallintasuunnitelmaan ja tavoitteet käydään läpi ja tarkennetaan tulevissa rakennusvaiheissa. [RIL 250-2011]

3.2.2 Kosteusriskien määrittely ja hallinta

Hankesuunnitteluvaiheessa tulee hankkeen reunaehdot tiedossa liittyen rakennuspaikkaan ja tilojen tulevaan käyttöön olla tiedossa. Lähtötietojen perusteella hankkeelle laaditaan kustannustehokas tapa kosteudenhallinnalle. [Niemelä 2014]

Hankesuunnitteluvaiheessa rakennuttajan tulee huolehtia riittävät lähtötiedot suunnittelun pohjaksi. Perustamisolosuhteet, tontin pohja- ja ympäristöolosuhteet on selvitettävä. Kaavavaatimuksista selvitetään erityiset yksityiskohdat kuten esimerkiksi vaatimukset terrassirakenteista ja parvekeratkaisuista, jotka vaikuttavat oleellisesti rakennuksen kosteudenhallintaan. Hankesuunnitteluvaiheessa määritellään rakennuksen runkoratkaisu, rakentamisajankohta, kustannusluokka ja laatutaso. Huonoksi todettuja ja kokeellisia suunnitteluratkaisuita pyritään välttämään. [Junnonen 2015]

Mahdolliset kosteusriskit kartoitetaan alustavasti. Kartoituksen perusteella määritellään menettelytavat ja toimenpiteet, joilla kosteutta hallitaan. Alustassa arvioinnissa

otetaan huomioon hankkeen kosteustekninen vaativuus rakentamisolosuhteiden ja rakennuksen ominaisuuksien mukaan.

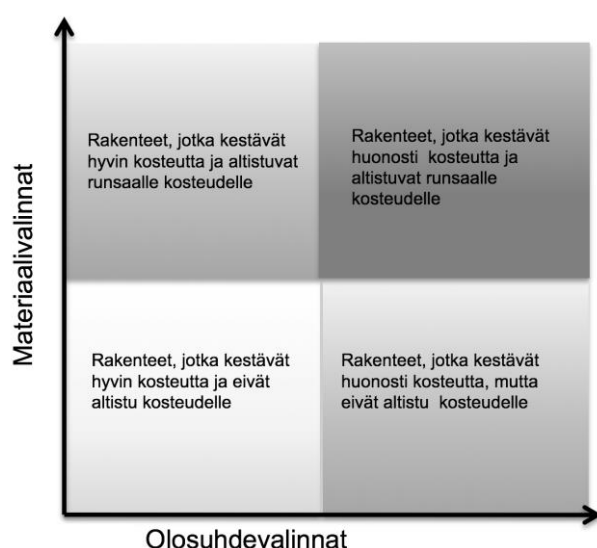
Alustavan kartoituksen perusteella määritellään rakennuksen kosteusriskiluokka. Rakennushankkeen kosteusriskiluokkia on kolme: R1, R2 ja R3. Riskiluokka määärtyy hankkeen kosteusteknisen vaativuuden perusteella. Kosteusriskiluokka muodostaa perustan kosteudenhallinnan menettelytason valinnalle. [RIL 250-2011]

Kosteusriskiluokka R1 käsittää tavanomaiset asuin-, liike-, ja toimistorakennukset. Kosteudenhallinnassa on käytössä normaalimenettely. Normaalialia vaativammat kohteet luokitellaan kosteusriskiluokka R2:een. Kosteudenhallinnassa käytetään pääasiassa normaalimenettelyä, jota on tehostettu tarpeen mukaan. Erittäin vaativaan kosteusriskiluokkaan R3:een kuuluvat rakennukset joissa on suuri kosteusrasitus, tai jotka ovat muuten erittäin vaativia kosteudenhallinnan suunnittelun, -toteutuksen tai ylläpidon ja käytön kannalta. Kosteusriskeiltään erittäin vaativiksi luokitelluissa hankkeissa käytetään tehostettua kosteudenhallinnan menettelyä. [RIL 250-2011]

Riskien arvioinnissa kannattaa hyödyntää tietoa aiempien vastaavien hankkeiden virheistä ja korjauksista. Materiaalinvalmistajilla on usein tietoa omien materiaalien ongelmakohdista. Hometalkoot- ja Frame- tutkimushankkeista löytyy tietoa kosteudenhallintaan ja kosteusvaurioihin liittyen. [Niemelä 2014]

Kosteusriskien hallintaprosessista voidaan käyttää samoja menetelmiä kuin riskien hallinnassa yleensä. Kosteusriskien hallintaprosessin kulku alkaa kosteusriskien tunnistamisesta, jota seuraa kosteusriskien arviointi ja päättyy kosteusriskien varautumis- ja torjuntamenettelyihin. [RT 10-11082 Projektinjohtototeutuksen riskienhallinta]

Kosteusriskien tunnistamisessa voidaan käyttää apuna erilaisten riskien tunnistusmenetelmiä, kuten aivoriihi, nelikenttäanalyysi [kuva 13] tai potentiaalisten ongelmien analyysi (POA). Riskien tunnistusmenetelmät ovat vain apuvälineitä, jotka tukevat kokemusta ja päättelyä. [RT 10-11082 Projektinjohtototeutuksen riskienhallinta]



Kuva 13. Kosteusriskien nelikenttäanalyysi. Muokattu lähteestä Niemelä 2014.

Kuvan 13 nelikentän oikeaan yläkulmaan luokitellaan rakenteet, jotka kestävät huonosti kosteutta ja jotka altistuvat runsaalle kosteudelle. Tilannetta voidaan parantaa lisäämällä suojaustasoa ja vaihtamalla materiaaleja paremmin kosteutta kestäviin.

Kosteusriskien arviointivaiheessa tunnistetuille kosteusriskeille arvioidaan toteutuksen todennäköisyys sekä seuraukset. Kosteusriskien varautumis- ja torjuntavaiheessa toimenpiteet kohdistetaan niihin rakennusosiin ja rakenteisiin, joiden vaurioitumisriski on suurin. [RT 10-11082 Projektinjohtototeutuksen riskienhallinta]

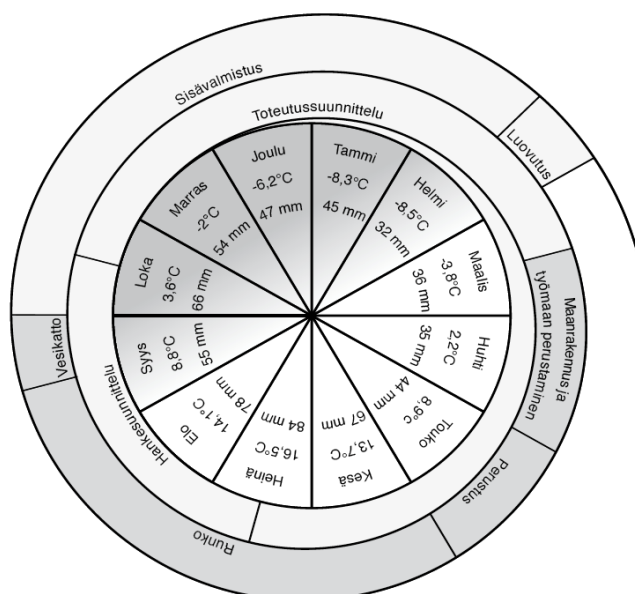
Kosteudenhallinnan normaalimenettelyssä toimenpiteitä kohdistetaan rakennuttamiseen ja projektinhallintaan, suunnitteluun, toteutukseen ja valvontaan sekä ylläpitoon ja käyttöön. Tehostetussa menettelyssä käytetään kosteudenhallinnan normaalimenettelyn lisäksi yhtä tai useampaa seuraavista toimenpiteistä:

1. Toimijoiden pätevyyden varmistaminen. Suunnittelun ja työnjohdon pätevyyksien todentaminen.
2. Teknisten ratkaisujen syvällisempi suunnittelu ja toteutus.
3. Suunnitelmien ulkopuolinen tarkastus. Suunnitelmat tarkistetaan hankkeen ulkopuolisella toimijalla, jolla on suunnittelutehtävän edellyttämä pätevyys.
4. Rakennusosien työmaatoteutuksen ulkopuolinen laadunvarmistus. Ulkopuolinen tarkastaja varmistaa rakennusfysikaalisen toimivuuden kannalta tärkeimpien kohtien suunnitelmien mukaisen toteutuksen ja ettei rakentamisvaiheeseen liittyvät riskit toteudu.
5. Valmisosien valmistuksen laadunvarmistus.
6. Tehostettu työmaan kosteudenhallinta.
7. Tehostettu käytönaikainen seuranta ja huolto
8. Tehostettu tiedonkulku.

[RIL 250-2011]

3.2.3 Kosteudenhallinnan huomioon ottaminen rakentamisen aikataulussa

Hankesuunnitteluvaiheessa määritellään myös rakentamisen ajankohta. Rakentamisajankohdan päättäminen vaikuttaa siihen, mihin vuodenaikaan eri rakentamisen vaiheet ajoittuvat, ja sillä on merkittävä vaikutus rakentamisaikaiseen kosteusrasitukseen ja tätä kautta rakentamisen kosteudenhallintaan. Kuvan 14 sisäkehällä on esitetty keskimääräiset sademäärät eri kuukausina. [Ratu S-1232 Rakennustyömaan suojaus]



Kuva 14. Rakentamisaikajohdan vaikutus kosteusrasitukseen. Lähde: Ratu S-1232 Rakennustyömaan suojaus.

Kuvassa sisäkehää ympäröivän rakennusvaihekehässä olevaa rakentamisen aloitusajankohtaa muuttamalla voidaan karkeasti arvioida, millaisia olosuhteita eri rakentamisaikavaiheissa on odotettavissa.

Hankesuunnitteluvaiheessa määritellään rakennuksen runkoratkaisu. Runkoratkaisu riippumatta rakennus voidaan ja tulee toteuttaa kosteudenhallitusti. Runkoratkaisu vaikuttaa rakennuksen suojaamiseen sekä rakenteiden kuivumisaikoihin. Kosteudenhallinnan kannalta työjärjestys kannattaa suunnitella sellaiseksi, että vaippa saadaan vesikatteineen mahdollisimman ripeästi umpeen. Nopea runkovaihe edellyttää huolellista ennakkosuunnittelua. [Ratu S-1232 Rakennustyömaan suojaus]

Kuivumisaikojen määrittäessä tulee olla realistinen. Rakenteiden kuivumisen kannalta merkittäviä ajankohtia ovat rakennuksen vaipan valmistuminen, lämmitysjärjestelmän käyttöönotto sekä kosteusrasitusta aiheuttavat työvaiheet kuten tasote- ja pinta-työt. [Niemelä 2014]

3.2.4 Kosteudenhallintasuunnitelman laadinnan aloitus

Rakennustyömaan kosteudenhallintasuunnitelman tavoitteena on estää rakenteita vaurioitumasta kosteuden seurauksena, varmistaa rakenteiden rakennusaikainen kuivuminen ilman aikatauluviiveitä sekä vähentää kuivatustarvetta ja kosteuden aiheuttamaa materiaalihukkaa. [Seppälä 2013]

Kosteudenhallintasuunnitelmaan tulee kirjata hankesuunnitteluvaiheessa hankkeen perustiedot, riskien arviointi, kuivumisaika-arviot, olosuhteiden hallinnan suunnittelu sekä kosteusmittausuunnitelma. Kosteudenhallintasuunnitelmaa täydennetään hankkeen edetessä.

3.3 Kosteudenhallinta rakennussuunnitteluvaiheessa

3.3.1 Rakenteiden kosteusteknisen toiminnan varmistaminen

Kosteudenhallinnan kannalta tärkeintä rakennussuunnitteluvaiheessa on rakenteiden kosteusteknisen toiminnan varmistaminen. Kosteustekniset rakennesuunnitelmat sisältyvät normaaliin rakennesuunnitteluun, elleivät erityisolosuhteet vaadi erillistä rakennusfysikaalista suunnittelijaa. [RIL 250-2011]

Rakenteiden kosteusteknisen suunnittelun tavoitteena on estää ja rajoittaa ylimääräisen kosteuden tunkeutumista rakenteisiin, ehkäistä rakenteiden ja materiaalien turmeltumista, varmistaa rakenteiden kuivumiskyky sekä parantaa sisätilojen kosteusviihtyvyyttä. [Vinha 2011]

Rakenteet tulee suunnitella siten, ettei niiden kosteuspitoisuus aiheuta missään vaiheessa merkittävää haittaa rakennuksen käytölle tai toiminnalle. Suunnitelmissa on vaurduttava rakenteiden satunnaiseen kastumiseen niin, että rakenteilla on kyky kuivua riittävän nopeasti vaurioitumatta. [RIL 250-2011]

Rakennuksen kosteusteknisen toimivuuden tarkasteluissa on otettava huomioon sisä- ja ulkoilman olosuhteet. Ulkoisia olosuhdetekijöitä ovat maaperä ja ulkoilman lämpötila, suhteellinen kosteus, sade, tuuli, auringon säteily sekä rakennuksen pinnasta lähtevä lämpösäteily. Sisäilmaan vaikuttaa rakennuksen käyttö. Rakennuksen kosteuslähteitä sekä kosteudensiirtymistä on käsitelty luvussa 2 [RIL 250-2011]

Lämpö on merkittävä tekijä rakennusten kosteusteknisessä toiminnassa. Lämpötila vaikuttaa ilman kykyyn vastaanottaa ja luovuttaa kosteutta. Ilman kapasiteetti vastaanottaa kosteutta on keskeisessä asemassa rakenteiden kuivaamisessa. [Niemelä 2014]

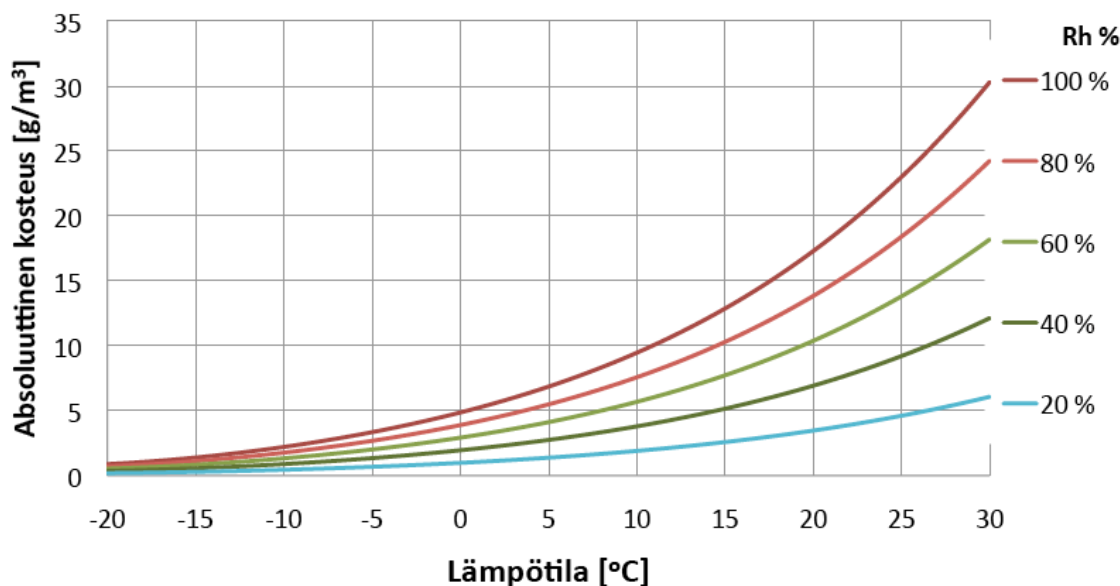
Lämpö voi siirtyä johtumalla, säteilemällä tai konvektiolla. Lämpömäärän siirtymiseen johtumalla vaikuttaa aineen kyky johtaa lämpöä eli aineen lämmönjohtavuus. Johtumalla tapahtuvasta lämmön liikkeestä voidaan ottaa esimerkiksi rakenteen läpi oleva kylmäsilta, jossa kylmäsilan ulkopuoleinen osa pyrkii tasoittumaan ulkolämpötilaa vastaavaksi ja sisäpuoleinen osa sisäilman lämpötilaa vastaavaksi. [RIL 250-2011, Niemelä 2014]

Aurinko ja lämpöpatterit ovat esimerkkejä säteilyn kautta siirtyvästä lämmöstä. Siirtyvään energiamäärään vaikuttaa pintojen lämpötilaero sekä aineiden pintaominaisuudet. Tumma- ja mattapinta vastaanottaa paremmin lämpösäteilyä kuin vaalea- ja kiiltävä pinta. [RIL 250-2011, Niemelä 2014]

Konvektiota tapahtuu pattereiden lämmittämän ilman noustessa sekä rakenteiden läpi ilmanpaine-eron seurauksena. Myös rakenteiden sisällä virtaava vaikuttaa lämpötilaan ja sen jakaumaan. [RIL 250-2011, Niemelä 2014]

Ilman kapasiteetti vastaanottaa kosteutta riippuu ilman lämpötilasta. Absoluuttisen kosteuden suhde lämpötilaan selviää Mollierin diagrammista [kuva 15]. Diagrammista nähdään, että +20°C:ssa 60% ilman suhteellisessa kosteudessa on absoluuttisesti n. 10 g/m³ vettä, joten ilmaan mahtuu n. 7 g/m³. Lämpötilan laskiessa -10 °C:een ilmaan

mahtuu maksimissaan reilusti alle 5 g/m^3 . Kylmän ilman kapasiteetti vastaanottaa kosteutta on pieni.



Kuva 15. Mollierin diagrammi. Lähde: Palolahti 2010.

Rakenteiden kosteusteknisessä suunnittelussa on huomioitava ainakin seuraavien tekijöiden vaikutus:

- sateen vaikutus julkisivuihin sekä veden ja lumen tunkeutuminen tuulenpaineen vaikutuksesta
- kosteuden siirtyminen kapillaarisesti ja diffuusiolla sekä sen tiivistyminen ja sitoutuminen rakenteeseen
- maaperästä ja ympäristöstä siirtyvä kosteus ja lumien sulaminen
- sisätilojen kosteudentuotto, sisä- ja ulkopuolinen pintakondenssi sekä vedenkäyttö
- vesivahinkojen seurauksena rakenteisiin päässyt kosteus

[RIL 107-2012]

Rakennuksen elinkaareissa on kolme toisistaan kosteustekniseltä toiminnaltaan eroavaa jaksoa, jotka ovat otettava huomioon suunnittelussa:

- Rakentamisvaihe, jolloin ulkoinen ja materiaaleista vapautuva kosteusrasitus on suurimmillaan.
- Rakennuksen kuivumisvaihe, jolloin diffuusiokosteusrasitus saattaa olla käytön-aikaista kosteudenrasitusta suurempi. Rakennusaikaisen kosteuden kuivumismahdollisuudesta on tällöin varmistuttava.
- Rakennuksen käyttövaihe jolloin normaalissa käyttövaiheessa rakennuskosteus on kuivunut. Rakennuksen käyttö ja sääolosuhteet aiheuttavat kosteusrasituksia.

Erityisesti runko- ja eristysrakenteet on suunniteltava kestäämään myös rakentamisaikainen kosteusrasitus. [Junnonen 2015, RIL 107-2012]

3.3.2 Taloteknisten järjestelmien toimivuus

Taloteknisten järjestelmien toimivuus koskettaa rakentamisen kuivumis- ja käyttövaihetta. Rakentamisvaiheessa talotekniset järjestelmät eivät ole yhtä herkkiä kosteudelle kuin esimerkiksi lämmöneristeet. [Junnonen 2015, RIL 107-2012]

Taloteknisessä suunnittelussa pyritään ottamaan huomioon, että mahdolliset vesivahinkokohdat tulee olla helposti havaittavissa, tarkasteltavissa ja korjattavissa. Vesijohdotputkien kohdalla tämä tarkoittaa tarpeen mukaisia suojaputkia, vuodonilmaisimia ja sulkuventtiilejä. [Junnonen 2015, RIL 107-2012]

Putkien, kanavien ja laitteiden eristyksessä on huolehdittava siitä, ettei putkistoissa kulkeva vesi pääse jäätymään ja ettei vesi pääse haitallisesti kondensoitumaan viileämmille pinnoille. Myös läpivientikohtien ilmatiiveydestä on huolehdittava. [Junnonen 2015, RIL 107-2012]

3.3.3 Pihan ja rakennuspohjan vedenpoisto

Pihan ja rakennuspohjan vedenpoiston ja kuivatuksen tavoitteena on vähentää maaperästä rakenteisiin aiheutuvaa kosteusrasitusta. Pääsääntönä on johtaa vesi pois päin rakennuksesta ja katkaista veden kapillaarinen nousu alapohjan alla. [RIL 107-2012]

Pihan ja rakennuspohjan vedenpoiston toimenpiteisiin vaikuttaa rakennuspaikka, sen ympäristön muoto sekä maaperä. Kuivatuksen tarve riippuu paljolti rakennuksen korkeusasemasta sekä maa- ja pohjavesiolosuhteista. [RIL 107-2012]

Rakennuksen korkeusasema ja pihan yleistaso valitaan niin, että sadevedet saadaan kallistuksin ja viemärein ohjattua pois rakennuksen vierestä. Pihojen tasauksella huolehditaan pintavesien johtaminen hallitusti pois rakennuksen vierestä. Sade- ja pintavesien pääsy salaojajärjestelmään on estettävä pihamaan päällystämällä tai muulla huonosti vettä läpäisevällä kerroksella rakennuksen vieressä. [RIL 107-2012, RIL 250-2011]

3.3.4 Rakennussuunnitteluvaiheen kosteudenhallintasuunnitelma

Suunnittelijoiden tulee määritellä rakennuksen riskirakenteet ja täydentää kosteudenhallintasuunnitelmaa. Täydennettäviä asioita ovat kosteusriskien arviointi, kosteusriskiluokka, kriittiset rakenteet ja laatutekijät. Kosteudenhallintasuunnitelmaan kirjataan myös rakenteiden kuivatus- ja työmaan olosuhdevaatimukset. Kosteudenhallintasuunnitelma on syytä liittää urakkatarjouspyyntöasiakirjaan, jotta urakoitsija sitoutuu aitoon kosteudenhallintaan heti rakentamisvaiheen alkaessa. [RIL 250-2011, Niemelä 2014]

Rakennerratkaisuiden on oltava sellaisia, että liiallisen kosteuden pääsy rakenteisiin estyy, ja se tulee huomioida rakennesuunnitelmia tarkastettaessa. Myös ylimääräisen kosteuden poistumistiet ja rakenteiden kuivattamismahdollisuus on otettava huomioon. [Seppälä]

Kosteudenhallintasuunnitelmaan kirjattavia suunnitteluratkaisuiden tavoitteita:

1. Rakennuspaikan kuivatus. Tontin muotoilu, sade- ja pohjavesien hallinta, lumien sijoituspaikat tontilla, puiden ja pensaiden sijoittelu.
2. Rakennuksen perustusten kosteudenhallinta. Pohjavesien hallinta, ulkoseinän ja alapohjien liitosten toimivuus.
3. Rakennusvaipan toimivuus. Rakennusvaipan yleinen toiminta ja laadunvarmistus, katon vedenpoisto, yläpohjan- ja julkisivun tuuletus.
4. Märkätilaratkaisujen toimivuus ja taso. Vedeneristystyö ja asennus sekä laadunvarmistus. Vesikalusteet ja putket.
5. Talotekniset ratkaisut ja kalusteet. Suojaputket, hälytysjärjestelmät.

Kosteudenhallintasuunnitelmaan kootaan myös riskialttiit rakenteet, tuotteet ja materiaalit sekä kunkin kohdalle kosteudenhallinnan toimenpiteet. Rakenteita tarkastellaan sekä rakennusaikaisen että käytön näkökulmasta. [RIL 250-2011]

Rakennesuunnittelijan on esitettävä vaatimukset ja tuettava työmaan olosuhdehallintaa. Tavoitteina on estää kosteusvaurioiden synty, varmistaa rakenteiden riittävä kuivuminen, vähentää kuivatustarvetta sekä pienentää materiaalihukkaa. [RIL 250-2011, RIL 107-2012]

Suunnitelmaan on kirjattava työmaan kuivanapidon lähtötiedot kuten sallitut olosuhteet sekä suojaus-, lämmitys- ja kuivatusmenetelmät. Keskeneräisen rakenteiden sääsuojasta ja suojauksen kiinnitystavat on ohjeistettava. Suunnittelija tukee rakenteiden kuivumisaika-arvioiden tekoa. [RIL 250-2011, RIL 107-2012]

3.4 Kosteudenhallinta rakentamisvaiheessa

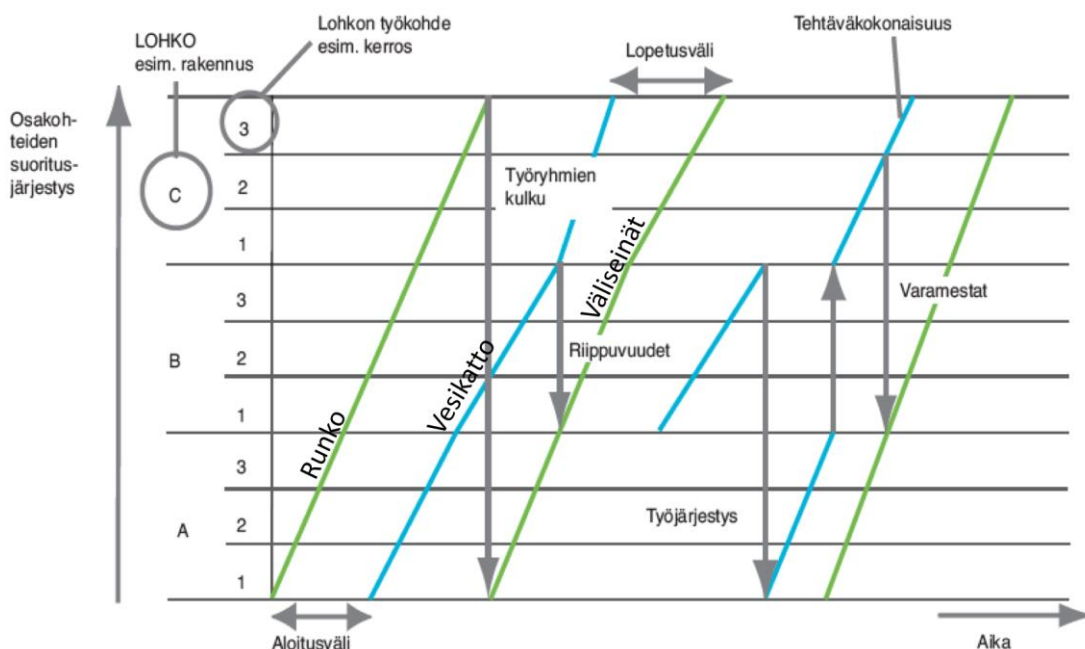
3.4.1 Kosteudenhallinnan huomioon ottaminen ajallisessa suunnittelussa

Kuivana rakentamisessa tulee huolehtia, että rakenteilla on riittävästi aikaa kuivua, kuivumisen varmistamiseksi tehtäville mittauksille on varattu aikaa, toteutusjärjestyksessä on mietitty, milloin rakenteet eivät enää kastu ja ovat lämmitettävissä. Ajallisessa suunnittelussa nämä asiat tulee ottaa huomioon.

Aikatauluttaminen on ajoituksen määrittelyä sekä tehtävien sijoittelua kokonaisuuden hallitsemiseksi vastaamalla kysymykseen mitkä tehtävät, miten ne ajoitetaan ja missä järjestyksessä tehtävät tehdään. [Koskenvesa, Sahlstedt. 2011.]

Luvussa 3.2.3. käsiteltiin kosteudenhallinnan huomioiminen rakentamisen aikataulussa hankesuunnitteluvaiheen osalta. Rakentamisvaiheessa työmaan rakennustöiden ajoittaminen yleisaikatauluun on keskeinen osa aikataulusuunnittelussa. Yleisaikataululla on kolme muotoa, jotka eroavat toisistaan laadinnan ajankohdaltaan, sisällön tarkkuustasoltaan ja käyttötarkoitukseltaan. Aikataulumuodot ovat alustava yleisaikataulu, sopimusyleisaikataulu sekä työaikataulu. [Koskenvesa, Sahlstedt. 2011.]

Yleisaikataulu esitetään pääasiallisesti jana-aikatauluna tai paikka-aikakaaviona kuvan 16 mukaisesti. Paikka-aikakaavion etu on sen havainnollisuus. Aikataulun toteutuskelpoisuus tulee arvioida ennen kuin se hyväksytään työaikatauluksi. [Koskenvesa, Sahlstedt. 2011.]



Kuva 16. Paikka-aikakaavion toimintaperiaate. Muokattu lähteestä Koskenvesa, Sahlstedt 2011

Aikataulun laadinnassa realismi on valttia. Realistinen aikataulu on tärkeä suunnitella kohteen toteutustapaa sekä toteutusjärjestyttä, jotka vaikuttavat kohteen toteutuskustannuksiin, riskeihin sekä kosteudenhallintaan. Aikataulun avulla voidaan arvioida

myös kuivumisaikoja, suojaustarvetta sekä suojaamiseen ja kuivattamiseen kuluvia kustannuksia. [Niemelä 2014]

Yleisaikataulussa ja työvaihe aikataulusuunnittelussa on otettava huomioon ne toimenpiteet, jotka tulevat vaikuttamaan teoreettiseen kuivumisaikaan. Kuivumisaikalaskelma antaa teoreettisen ajankohdan, jolloin mittaaminen kannattaa aloittaa. Kuivumisaika-arvion tekemistä käsitellään lisää kohdassa 3.4.4. [Niemelä 2014]

Vaipparakenteiden ja vesikaton viivästyminen, lämmityksen ajankohdan siirtyminen, tasoitettoiden siirtyminen ja rakenteiden kastuminen kuivumisaikana voivat vaikuttaa kuivumisaikaa pidentävästi. Mikäli alkuperäisestä aikataulusta halutaan pitää kiinni, tulee kurominen tehdä menetelmällisesti esimerkiksi rakenteiden kuivatusta tehostamalla tai materiaalivalinnoilla vaihtamalla materiaaleja paremmin kosteutta kestäviin. Kuivumisen viivästyminen on reagoitava heti, kun mahdollinen viive havaitaan eikä vasta mittauksen niin osoittaessa. [Niemelä 2014]

Aikatauluttaminen on kokonaisuus, jossa on otettu huomioon toteutus ja hankinnat sekä näiden vaatimat lähtötiedot ja reunaehdot. Suunnittelijalta tuleva informaatio siirtyy hankintoihin ja toteutukseen. Mitä varhaisemmassa vaiheessa päätoteuttaja on mukana hankkeessa, sitä paremmin suunnitelmiin voidaan perehtyä ja havaita riskitekijöitä. [Niemelä 2014]

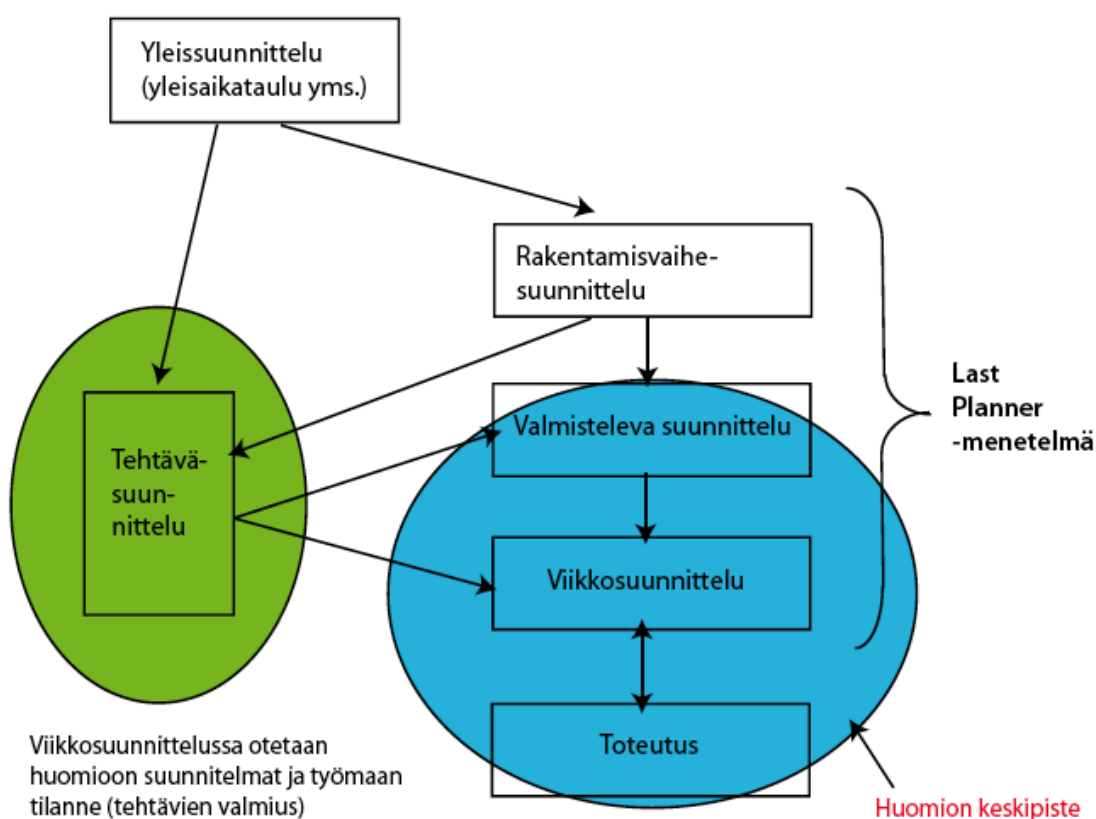
Sekä yleisaikataulun, hankinta-aikataulun ja suunnittelu-aikataulun olisi hyvä olla valmiina toteutusvaiheessa. Yleensä aikatauluja joudutaan täydentämään hankkeen edetessä. Hankintoja tehdessä oikea tieto tarvittavien materiaalien ominaisuuksista on tarpeen. Aikataululla ei voida pelastaa toteutuksen onnistumista, jos suunnitteluvaiheessa ja toteutuksen valmistelussa ei ole valittu oikeita materiaaleja tai suunnitteluratkaisuita, joilla on mahdollista saavuttaa riittävä kuivumisaika tai kosteusteknisesti oikea työjärjestys. [Niemelä 2014]

Toteutusaikatauluun voidaan merkitä kosteudenhallinnan kannalta merkittäviä työvaiheita ja ajankohtia esimerkiksi kuvan 17 mukaisesti. Kosteudenhallinnan kannalta merkittäviä ajankohtia ovat:

- Rakenteet eivät enää kastu (vaippa ummessa vesikattoineen)
- Lämmittäminen mahdollista (lämmöneristys kunnossa)
- Tasoite-, muuraus ym. kosteutta sisälle tuovien töiden ajankohta
- Töiden valmistumisajankohdat (lattiavalu)
- Kosteudenmittausajankohdat
- Pinnoittamisajankohta
- Mahdolliset kastumiset

3.4.2 Kosteudenhallinnan huomioon ottaminen tehtäväkohtaisessa suunnittelussa

Tehtäväkohtaisen suunnittelun tavoitteena on huolehtia, että tehtävän työn laatutaso vastaa sille asetettuja vaatimuksia, että tehtävä valmistuu ajoissa, että kustannukset pysyvät annetuissa raameissa, ja että tehtävä voidaan toteuttaa turvallisesti. Tehtäväsuunnitelmalla pyritään varmistamaan etukäteen, että on olemassa kaikki edellytykset suorittaa tehtävä edellä mainittujen tavoitteiden ja vaatimusten mukaisesti. Tehtävän toteutuksen edellytyksien varmistamiseksi voidaan käyttää mm. Last Planner- menetelmää, jossa keskeisellä sijalla on viikkosuunnittelu ja toteutus. Kuvassa 18 on kuvattuna Last Planner –tuotannosuunnittelun painopiste sekä suhde tehtäväsuunnitteluun. [Koskenvesa, Sahlstedt 2011]



Kuva 18. Last Planner - tuotantosunnittelun painopiste. Lähde Koskenvesa, Sahlstedt 2011.

Kosteudenhallinnan näkökulmasta tehtävän aloitusedellytyksiä tarkasteltaessa on varmistettava, että olosuhteet ovat riittävän laadukkaita tehtävän suorittamiseksi. Olosuhteet tulee varmistaa tarvittaessa mittaamalla ilman suhteellinen kosteus ja lämpötila. Myös käytettävän materiaalin soveltuvuudesta ja kosteudenkestosta on varmistuttava.

Sekä tehtävänäikaisen että keskeneräisen työn suojaus on suunniteltu ja tarvittava kalusto on käytettävissä. Myös tehtävän toteuttamiseen tarvittavan riittävän työresurssin saatavuus on varmistettava. Suunnitelmien valmiusasteen on oltava riittävä, ja tietojen

tulee olla työmaalla riittävän varhaisessa vaiheessa käytössä. [Ratu S-1232 Rakennustyömaan sääsuojaus]

Kosteudenhallinta on otettava huomioon tehtävän kustannuksissa sekä aikataulussa. Asianmukainen suojaaminen on osa hyvää työsuoritusta. Ajallisessa suunnittelussa on tarkasteltava myös kuivumisaikoja. Keskeneräinen työ on suojattava pidempien taukojen ajaksi tarvittaessa ja aina työvuoron päätteeksi. Suojaustoimenpiteisiin kuluva aika on huomioitava päivittäisessä työsaavutusvaatimuksessa. [Ratu S-1232 Rakennustyömaan sääsuojaus]

Potentiaalisten ongelmien analyysissä voidaan tarkistaa, onko kosteudenhallintasuunnitelmaan kirjattu tehtävään liittyviä riskejä. Kosteusriskeille on mietittävä ennaltaehkäisy, toiminta riskin toteutuessa (esim. imurointi), hälyttimet sekä vastuuhenkilö.

Kosteudenhallintaa tulee käsitellä tehtävän laadunvarmistusosiossa riittävästi. Laatuvaatimuksiin on kirjattava tarvittaessa esimerkiksi pinnoitettavan alustan suhteellinen kosteus RH% sekä laadunvarmistusprosessina viitattava kosteudenmittaussuunnitelmaan. Työselityksessä esitetyt laatuvaatimukset on tarkastettava. Riittävästä kaadoista ym. on huolehdittava

Hankinnat ja käytettävät materiaalit pyritään saamaan työmaalle juuri oikeaan aikaan, jotta varastointi, suojaustarve ja siirtely työmaaolosuhteissa jää mahdollisimman vähäiseksi. Toimitettaville rakennustarvikkeille ja materiaaleille voidaan määritellä laatuaso (esimerkiksi kosteuspitoisuus) joka tarkistetaan vastaanoton yhteydessä. Materiaalit on usein valittava sertifioitujen CE-merkittyjen järjestelmien tuoteperheestä ja käytettävä ainoastaan yhden valmistajan tuotteita takuun voimassaolon säilymiseksi.

Varastointi on suunniteltava etukäteen. Aluesuunnitelmaan voidaan merkitä varastointipaikat valmiiksi. Rakennustarvikkeiden vastaanoton jälkeen on huolehdittava tarvikkeiden asianmukaisesta suojaamisesta. Usein kuljetuksen aikaiset suojaukset eivät ole riittäviä työmaaolosuhteisiin sellaisenaan, vaan niitä tulee tarvittaessa parantaa.

[Niemelä 2014, Työmaan kuivanapito suojaamalla 2014]

3.4.3 Toteutustavan ja –järjestyksen sekä materiaalivalintojen vaikutukset kosteudenhallintaan

Runkoratkaisuilla, pohjamuodolla ja pintamateriaaleilla on vaikutusta rakennuksen kosteudenhallintaan. Kosteudenhallinta on otettava huomioon myös työjärjestyksen suunnittelussa. [Ratu S-1232 Rakennustyömaan sääsuojaus]

Kosteudelle herkäät työvaiheet tehdään vasta, kun rakennuksen vaippa on saatu umpeen ja sopivat olosuhteet ilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan suhteen on saavutettu. Työjärjestys kannattaa suunnitella sellaiseksi, että runkotyöt saadaan tehtyä mahdollisimman ripeästi ja vaippa saadaan vesikatteineen umpeen. [Ratu S-1232 Rakennustyömaan sääsuojaus]

Kerrostalokohteissa rungon ripeä pystyttäminen tarkoittaa myös sitä, että seuraava kerros toimii edellisen kerroksen katteena. Tämä edellyttää puolestaan sitä, että välipohja on riittävän tiivis, ja ettei vesi pääse valumaan hallitsemattomasti alempiin kerroksiin.

Tiivis holvi saavutetaan käyttämällä välipohjan läpivienneissä valmiita kotelaita ja esivalmistettuja LVIS-läpimeno-osia, tekemällä elementtiholvien saumat ripeästi tiiviiksi ja järjestää holville hallittu vedenpoisto esimerkiksi märkätilojen lattiakaivojen kautta väliaikaisilla putkituksilla rakennuksen runkoviemäriin. [Ratu S-1232 Rakennustyömaan sääsuojaus]

Paikallavaletun holvin etuina on se, että hyvällä vedenpoistolla varustettuna se on lähes vesitiivis, ja mahdollistaa joidenkin työvaiheiden aloittamisen alemmissa kerroksissa, vaikkei rakennuksessa olisi vielä vesikattoa. Vastaavaa etua ei ole saavutettavissa ontelolaatoin rakennetuista välipohjilla. Kuivissa olosuhteissa asennettuna ontelolaattojen pinnoitus voidaan tehdä nopeammin, sillä rakenne ei sisällä rakennekosteutta niin paljon kuin paikallavalulaa. Ontelovedet saattavat aiheuttaa harmia. [Niemelä 2014]

Ikkuna- ja oviaukot suljetaan mahdollisimman pian. Ikkunat kannattaa tilata ajoissa, tai asennettava ulkoseinäelementteihin jo tehtaalla. Ennen ikkunan asennusta ikkunaukon voi väliaikaisesti suojata väliaikaisesti muovin ja rimakarmin yhdistelmällä. [Ratu S-1232 Rakennustyömaan sääsuojaus]

Rakenteisiin valitut materiaalit vaativat eri tavoin suojasta. Joidenkin materiaalien kosteudensieto on parempi kuin toisten. Työnaikaisen suojauksen tarve vaihtelee materiaalista riippuen. Vaihtamalla materiaaleja paremmin kosteutta kestäviin voidaan saada aikataulullisia etuja. [Niemelä 2014]

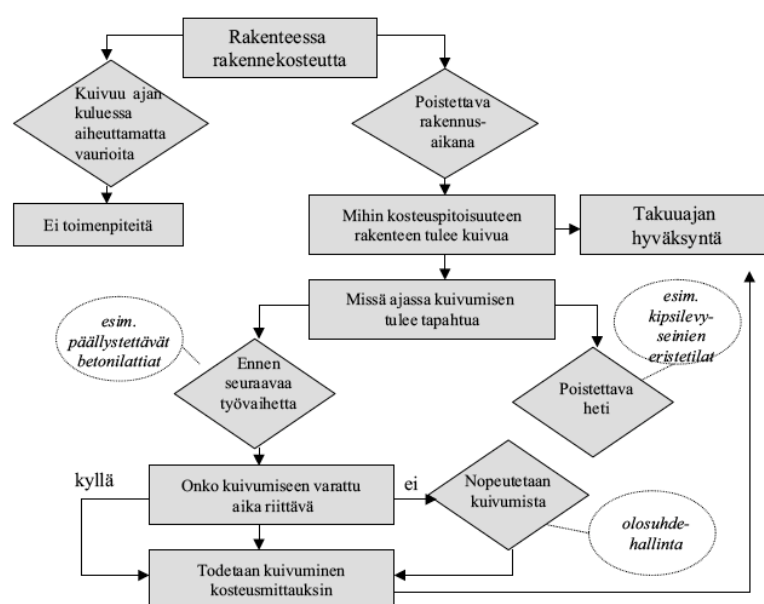
Puurakenteita käytettäessä on muistettava, että puuta ei saa liittää suoraan kosteaan betonirakenteeseen vaan väliin on asennettava esimerkiksi bitumikaista. Asennetut puurakenteet suojataan sääsuojahallilla, vesikatolla tai suojapeitteillä. [Ratu S-1232 Rakennustyömaan sääsuojaus]

3.4.4 Rakenteiden kuivumisaika-arvioiden laadinta

Rakenteet sisältävät usein ylimääräistä kosteutta ns. rakennuskosteutta, jonka tulee poistua rakenteesta riittävän nopeasti. Rakennuskosteuden lähteinä ovat materiaalin itsenä sisältämä liika vesi (esim. puu), rakennusmateriaalin valmistamiseen käytetty vesi (esim. betoni), rakennusaikainen sade ja työmaa-aikainen vedenkäyttö. Osasta rakenteista rakennusvesi pääsee poistumaan aiheuttamatta ongelmia. Joissain tapauksissa kosteuden poistuminen on rakenteiden kosteudensietokyvyn kannalta liian hidasta, jolloin voidaan joutua purkamaan vaurioituneita rakenteita. Erityisen herkkiä kosteudelle ovat esimerkiksi kipsilevyistä tehdyt kevyet seinärakenteet. [RIL 250-2011]

Puu ja betoni ovat molemmat hygroskooppisia materiaaleja eli materiaaleissa olevien ilmahuokosten suhteellinen kosteus pyrkii tasapainoon materiaaleja ympäröivän ilman suhteellisen kosteuden kanssa. Esikuivattu puutavara asettuu tasapainokosteuteen ympäristönsä kanssa parissa viikossa. Betonirakenteiden kuivuminen tasapainokosteuteen saattaa kestää jopa vuosia. Betonirakenteiden ei kuitenkaan tarvitse saavuttaa tasapainokosteutta rakennusaikana. Usein rajoittavana tekijänä on betonirakenteiden päälle tulevan materiaalin kosteudenkestävyys. [Merikallio 2007]

Betonirakenteille, jotka päällystetään kosteusherkällä materiaalilla tai joissa kuivumisesta aiheutuvat muutokset voivat aiheuttaa vaurioita (esim. laatoitettavat betoniseinät), laaditaan kuivumisaika-arviot. Päällystettävien betonilattioiden ja –seinien, on kuivuttava riittävästi ennen seuraavaan työvaiheeseen ryhtymistä. Useimmilla lattiapäällystemateriaaleilla on määritelty kriittinen kosteusarvo, jonka alapuolelle alusbetonin on kuivuttava ennen päällystystyötä. Päällystemateriaalien kosteusraja-arvoja on esitetty eri julkaisuissa. Ensisijaisesti suositellaan noudatettavan materiaalivalmistajien ilmoittamia arvoja. Prosessikuva rakenteiden kuivatustarpeen ja kuivumisajan arviointiin on esitetty kuvassa 19. [RIL 250-2011]



Kuva 19. Rakennekosteuden kuivatustarpeen ja kuivumisajan arviointi. Lähde: Rakennustyömaan kosteudenhallinta: mallirunko ja ohjeet. Oulun rakennusvalvonta. 2001; RIL 250-2011.

Kuvasta selviää, että rakenteet jotka kuivuvat ajan kuluessa aiheuttamatta vaurioita ei aiheuta toimenpiteitä. Kosteudelle herkat kohdat kuten kipsilevyseinien eristetilat on pidettävä kuivana. [RIL 250-2011]

Rakenteen kuivumiseen vaikuttavat:

- rakenteen koostumus
- rakenteen materiaalit
- rakenteen paksuus
- rakenteen lämpötila
- rakenteen kuivumissuunnat
- kuivumisolosuhteet (lämpötila, suhteellinen kosteus, ilman liikkuminen rakenteen pinnassa)

Kuivumisaika-arvioita laadittaessa on otettava huomioon rakenteen kuivumiseen vaikuttavat tekijät. Kuten myös muussa aikatauluttamisessa, on kuivumisaika-arvioiden ja niiden aikatauluvaikutusten oltava realistisia. [Merikallio 2007, Niemelä 2014]

Betonirakenteiden kuivumisajan määrittämiseen on annettu ohjeet julkaisussa Beto-
nirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi, jonka pohjalta on tehty laskuri by
1021 kuivumisaika-arvion laadinnan avuksi [kuva 20]. Jotta laskurin antama kuivumis-
aika vastaisi rakenteen todellista kuivumisaikaa, on kuivumisolosuhteet pidettävä las-
kelman olosuhteita vastaavina.

Betonirakenteiden kuivuminen
"Tarja Merikallio. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Betonikeskus 2002."

Kohde: **As. Oy Helsingin Salome 12139**

Maanvastainen teräsbetonilaatta

Kun olet ensin valinnut haluamasi rakennetyypin sivun alareunan taulukoista, syötät
sitten arvot tavoitekosteudelle, vesi-sideainesuhteelle ja rakenteen paksuudelle.
Välitse lisäksi vaihtoehtoista alustaa, kastumisaikaa sekä kuivumisolosuhteista kosteus
ja lämpötila. Kuivumisaika ilmoitetaan viikkoina. Kuivumisaikaan lasketaan aikava
kun rakennne ei enää saa lisäkosteutta. Jos jälkihoito tehdään kastelun jälkeen, lasketaan
aika kastelun lopettamisen jälkeen. Jos jälkihoito tehdään peittämällä, lasketaan aika
valusta.

	Syöttöarvot	Raja-arvo	Peruskuvumisaika
Tavoitekosteus	85,0 %	"80-100"	17,0
Vesi-sideainesuhde	0,70	"0,4-0,7"	Kerroin 1,00
Rakenteen paksuus	90,0 mm	"70-150"	Kerroin 1,40

Alusta

☒ Kivi

☐ Hievi

☐ Mäki

Kastumisaika

☐ Kuivassa

☒ Kastunut yli 2 viikkoa

☐ Kastunut yli 2 viikkoa

Kuivumisolosuhteet

Kosteus

☐ 35 %

☒ 50 %

☐ 60 %

☐ 70 %

☐ 80 %

Lämpötilä

☐ 10 C

☐ 15 C

☒ 20 C

☐ 25 C

☐ 30 C

Kuivumisaika viikkoina: **20,0**

Kuva 20. Betonirakenteiden kuivumisen arvioimiseen kehitetty laskuri by 1021.

Kuivumisaika-arvioita laadittaessa ja niitä käytettäessä on otettava huomioon, että
ne ovat vain suuntaa antavia. Rakenteen riittävän kuivumisen varmistaminen vaatii kui-
vumisaika-arvion laatimisen lisäksi kuivumisolosuhteiden seurantaa sekä kosteusmit-
taustulosten analysointia, joita käsitellään luvussa 2.5.7. Rakenteiden pinnoitus päätökset
tulee tehdä näiden kolmen tulosten analysoinnin perusteella ammattilaisen toimesta.
[Björkholtz 1990; RIL 250-2011]

3.4.5 Suojaus ja kuivanapito

Rakentamisen aikainen suojaus ja kuivanapito kattaa työmaan, rakennuksen rungon, rakenteiden ja erityisesti keskeneräisten rakenteiden sekä rakennusmateriaalien suojaamisen. Suojaamisen on tarkoitus estää ylimääräisen kosteuden pääsyn rakenteisiin. Työmaalla on varauduttava myös vesivahinkoihin, ja niitä on pyrittävä ennalta ehkäisemään. [RIL 250-2011]

Työmaan suojaustavan valintaan vaikutetaan jo varhaisessa vaiheessa. Tilaajan tulee asettaa tavoitteet ja vaatimukset työmaan suojaamisen tasolle. Niiden perusteella päätetään, suojataanko rakennus kokonaan vai otetaanko hallittuja riskejä ja suojataan rakennuksen osia ja materiaaleja. Kohteen koon perusteella kannattaa miettiä pystytäänkö kohde peittämään kustannustehokkaasti kokonaan vai peitetäänkö vain osa kerrallaan. Sääsuojan käyttäminen on sekä kustannus- että laatukysymys. [Ratu S-1232 Rakennustyömaan sääsuojaus]

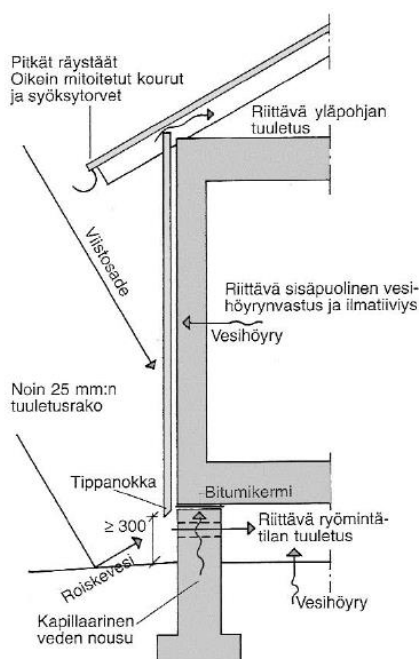
Vaatimukset ja tavoitteet on hyvä esittää urakkaohjelmassa ja sen liitteissä sekä tarvittavilta osin suunnitelmissa. Tarjouspyyntöihin liitettyjen kuivanapidon vaatimusten ja tavoitteiden tarkoituksena on, että urakoitsijoilla olisi tarvittavat tiedot kosteudenhallinnan suunnittelun tekemiseen, ja urakoitsijat pystyvät varautumaan niiden aiheuttamiin kustannuksiin. [Ratu S-1232 Rakennustyömaan sääsuojaus]

Suojausmenetelmään ja suojaustavan valintaan vaikuttavat useat tekijät, jotka tulee ottaa huomioon valintaa tehdessä. Asioita ovat mm:

- rakennuksen sijainti, koko ja muoto
- rakenneratkaisut
- rakennusmateriaalit
- rakentamisajankohta
- rakentamisnopeus ja työjärjestys
- vaaditut olosuhteet
- suojauksen kustannukset
- tilaajan asettamat tavoitteet ja vaatimukset

Suojauksen suunnittelussa tulee ottaa huomioon, että eri rakennusosat sekä rakennusvaiheet vaativat omanlaisensa suojausmenetelmän. Suojauksella pyritään minimoimaan rakennusten kosteusriskit ja varmistamaan aikataulunmukainen toteutus eri sääolosuhteissa. [Ratu S-1232 Rakennustyömaan sääsuojaus]

Kosteudelta suojautuminen on lähtökohtaisesti tehokkaampaa ja edullisempaa kuin rakenteiden kuivattaminen. Suojaamiseen on tehokkainta käyttää rakennuksen omia rakenteita. Rakennuksen vaipan rakenteellista suojausta on esitetty kuvassa 21. Rakennuksen vaipan umpeen saamista voidaan nopeuttaa esimerkiksi käyttämällä kattoelementtejä ja seinäelementtejä, joihin on asennettu ikkunat jo tehtaalla. [Niemelä 2014, Ratu S-1232 Rakennustyömaan sääsuojaus, RIL 250-2011]



Kuva 21. Rakennuksen vaipan rakenteellinen suojaus kosteusvaikutuksilta. Lähde RIL 250-2011

Työmaalle tulevat rakennustuotteet pyritään pitämään kuivina koko logistisen ketjun läpi. Oulun rakennusvalvonta on aktiivisesti pyrkineet lanseeraamaan rakentamisen kuivaketjua, joka varmistaa rakenteiden kuivana pysymisen koko rakennusprosessin ja käytön aikana, samaan tapaan kuin kylmäketju elintarvikkeiden laadun varmistuksessa. [Seppälä 2014]

Suojausmenetelmät valitaan sen mukaan mitä ja miltä halutaan suojautua. Vesisateisiin kannattaa varautua ympäri vuoden. Talviaikaan suojaudutaan kylmältä, tuulelta ja lumisateelta. Lumisateisiin kannattaa varautua keskimäärin lokakuusta huhtikuuhun asti. [Ratu S-1232 Rakennustyömaan sääsuojaus]

Suojauskalustoa, eli suojapeitteitä, julkisivusuojia tai sääsuojia, on varattava työmaalle riittävästi ja hyvissä ajoin. Sääsuojakaluston työmaakierron suunnittelussa minimoidaan kaluston määrä sekä liikuttelu työmaalla. [Ratu S-1232 Rakennustyömaan sääsuojaus]

Suojapeitteitä käytetään väliaikaisina suojina täydentämään muita suojausmenetelmiä. Peitteiden kunto on tarkistettava säännöllisesti ja niiden kiinnityksestä on huolehdittava. [Ratu S-1232 Rakennustyömaan sääsuojaus]

Julkisivusuojauksen tavoitteena on saavuttaa tiivis julkisivu. Työn aikana suojien kuntoa seurataan ja korjataan tarvittaessa. Julkisivusuojien perustusten kantavuudesta on huolehdittava. Telineiden ankkurointia ja tuentaa seurataan päivittäin. Julkisivusuojauksen takana on seurattava ilman kosteutta ja ilmaa tuuletetaan tai kuivatetaan tarvittaessa. [Ratu S-1232 Rakennustyömaan sääsuojaus, Työmaan kuivanapito suojaamalla]

Sääsuojien kokoamismahdollisuuksia ja siten sääsuojatyyppejä on lukemattomia. Sääsuojaa voidaan käyttää joko koko työmaan suojaukseen tai myös pienempien osakohteiden, kuten vesikattotyön tai pihakansien suojaamiseen. Sääsuojalla saadaan suo-

jattua työntekijät, työkohde ja rakennusmateriaalit sateelta, lumelta, liukkaudelta, tuulelta ja pakkaselta. Sääsuojien kantavuus on usein vähäinen, joten sääsuojien päälle kertyvä lumi on pudotettava tarvittaessa jopa työvuorojen välillä. Kosteusteknisesti arat työvaiheet suositellaan tehtäväksi sääsuojan alla. [Ratu S-1232 Rakennustyömaan sääsuojaus, Työmaan kuivanapito suojaamalla, Niemelä 2014]

Sääsuojien tuenta ja kiinnitys suunnitellaan valmistajan ohjeiden, sääolosuhteiden, vuodenajan ja työnaikaisen rasituksen mukaan. Suojauskaluston ankkuroinneissa on otettava huomioon tuuli- ja lumikuormitus. Suojausten tiiveyteen ja paikoillaan pysymiseen tulee kiinnittää huomiota. Myös tuuletuksesta huputuksen alla on tarvittaessa huolehdittava. Runkorakenteiden alle tuleva maapohja tasataan. Työtasot ja sääsuojien katokset tulee pitää lumettomana. Tiedotusvälineistä saa aika-ajoin lukea sääsuojien pettämisestä. Kuvassa 22 on esitetty sääsuojan sortuma, joka uutisoitiin useammassa valtakunnallisessa lehdessä kuten Iltasanomissa ja Helsingin Sanomissa. [Ratu S-1232 Rakennustyömaan sääsuojaus, Helsingin Sanomat 28.12.2014]



Kuva 22. Naistenklinikan purkutuomion saaneet sääsuojat. Lähde: Nieminen Helsingin Sanomat 28.12.2014 Kuva Pertti Salonen.

Suojaamisen lisäksi rakenteisiin mahdollisesti päässyt kosteus tulee johtaa hallitusti pois tai tarvittaessa poistaa mekaanisesti. Kosteus on ohjattava pois rakenteen ja rakennuksen luota käyttäen rakennuksen omaa viemärointiä tai rakentamalla väliaikaisia vedenpoistojärjestelmiä. [Ratu S-1232 Rakennustyömaan sääsuojaus]

Runkovaiheen kastumista voidaan ehkäistä tekemällä runkotyöt mahdollisimman ripeästi valmiiksi, jotta rakennuksen lopullinen vaippa vesikatteineen suojaa rakenteita. Nopea runkovaihe edellyttää huolellista ennakkosuunnittelua. [Ratu S-1232 Rakennustyömaan sääsuojaus]

Rakennuksen rungon kastumista voidaan välttää esimerkiksi seuraavilla toimenpiteillä:

- valmiselementtien käyttö – lyhyt varastointiaika ja nopea pystytys sekä välitön sääsuojaus
- kattorakenteiden tekeminen ensimmäisenä, mikä toimii työvaiheiden suojarakenteena
- aluskate nopeasti paikoilleen tai höyrynsulku kermistä välikatteena
- nostamalla runko kerroksittain ylös mahdollisimman nopeasti, jolloin valmista kattorakennetta voidaan käyttää väliaikaisena sääsuojana
- estämällä veden valuminen ylemmiltä tasoilta alimmille sulkemalla kantavan laatan aukot vesitiiviiksi sekä estämällä veden valuminen esim. ulkoseinän eristetilaan ja sisälevytyksiin
- suojaamalla rakennusrungon sivut varhaisessa vaiheessa asennettavilla ulkoseinillä. Mikäli tämä ei ole mahdollista, käytetään suoja- tai eristepeitteitä
- ulkoseiniin on myös asennettava ikkunat ja ovet mahdollisimman pian tai aukot tulee sulkea suojapeitteillä
- poistamalla kantavalle laatalle päässyt lumi mekaanisesti, ei sulattamalla
- poistamalla kantavalle laatalle päässyt vesi mahdollisimman pian esim. vesimurilla
- suojaamalla eristetty ulkoseinä välittömästi sateelta, erityisen herkkiä kohtia ovat aukkojen kohdalla leikatut eristepinnat
- käyttämällä sääsuojia korjaustyömaiden suojauksessa
- alakerrosten kosteudelle herkkiä työvaiheita ei aloiteta ennen kuin vesikatto on kiinni
- vesikaton rakenteista laaditaan erillinen suojaussuunnitelma

[RIL 250-2011]

Rakennusvaipan saa nopeasti tiiviiksi käyttämällä elementtejä, joihin ikkunat on asennettu valmiiksi elementtitehtaalla. Vesikatto voidaan tehdä myös elementeistä tai tilan sallien rakentamalla vesikatto maassa valmiiksi. Mikäli ikkunat asennetaan työmaalla, tulee ikkunat tilata ajoissa. Ikkuna- ja oviaukot voi väliaikaisesti suojata rimakarmi-muoviyhdistelmällä. Ikkuna-aukon alareunaan tulee laittaa levy johtamaan sadevesi pois julkisivuista sekä ikkunan puitteista. [Ratu S-1232 Rakennustyömaan sääsuojaus, Työmaan kuivanapito suojaamalla]

Holville satava lumi ja vesi aiheuttaa suuren kosteusrasituksen. 100m² holville sataanut viiden senttimetrin lumikerros on yhtä paljon kuin viiden millimetrin vesikerros, joka on yhteensä 500 litraa vettä. Satanut lumi- ja vesi on ensisijaisesti poistettava mekaanisesti ja johtamalla kosteus hallitusti pois. Elementein tehdyt holvit ohjaavat vedet kantaville seinille johtuen ontelolaattojen kaarevuudesta. Veden siirtyminen seinäelementtien eristetilaan on estettävä. [Ratu S-1232 Rakennustyömaan sääsuojaus, Työmaan kuivanapito suojaamalla]

Kosteudenhallinta edellyttää päivittäistä sääolosuhteiden tarkkailua. Päivän aikana toteutettava työkokonaisuus ennakoidaan ja suunnitellaan siten, että keskeneräiset rakenteet pystytään suojaamaan sateen iskiessä sekä työvuoron päätteeksi. [Ratu S-1232 Rakennustyömaan sääsuojaus, Työmaan kuivanapito suojaamalla]

Suojaustoimenpiteissä tulee ottaa huomioon, että materiaalit voivat itse vaurioitua kosteuden vaikutuksesta tai ne voivat aiheuttaa välillisesti kosteusvaurion. Kivipohjaiset rakennustuotteet kuten tiilet ja betonituotteet voivat imeä itseensä huomattavan määrän kosteutta vaurioitumatta. Kosteus voi muodostua ongelmaksi myöhemmissä rakennusvaiheissa niiden jouduttua kosketuksiin vaurioherkkien materiaalien kanssa tai materiaaleja pinnoitettaessa. [RIL 250-2011]

3.4.6 Kuivatus

Rakenteiden hyvät kuivumisolosuhteet edellyttävät rakenteita ympäröivän ilman kykyä ottaa vastaan kosteutta rakenteesta sekä riittävää ilman liikettä rakenteen pinnalla. Ilman kosteudenvastaanottokyky on sitä parempi mitä lämpimämpää ja kuivempaa ilma on. Hyvät olosuhteet kuivumiselle ovat lämpötilan pitäminen vähintään 20 °C:ssa ja ilman suhteellisen kosteuden pitäminen enintään 50% RH:ssa. Ilman riittävä liike rakenteen pinnalla varmistetaan ilmanvaihdolla ja sillä, ettei kuivuvan pinnan edessä ole varastoituna tai ripustettuna mitään. [Björkholtz 1990, Merikallio 2002]

Kuivatustoimenpiteiden suunnittelussa ja hyvien kuivumisolosuhteiden saavuttamisessa tulee huomioida ulkoilman olosuhteet. Nyrkkisääntönä on, että kun ulkoilmassa on vähän kosteutta, kuivattamiseen riittää ilmanvaihto ja sisäilman lämmittäminen ja kun ulkoilmassa on paljon kosteutta, kuivuminen edellyttää ilmankuivaajien käyttöä. [Ratu S-1232 Rakennustyömaan sääsuojaus]

Kuivatustapoja on kolme:

- ilman lämmitys yhdistettynä tilan ilmanvaihtoon. Kutsutaan myös avoimeksi järjestelmäksi.
- ilman kuivatus, jolloin tilan ilmanvaihdon tulee olla mahdollisimman pieni. Kutsutaan myös suljetuksi järjestelmäksi.
- rakenteen lämmitys yhdistettynä ilmanvaihtoon, jota kutsutaan pikakuivatukseksi.

Avoin järjestelmä soveltuu käytettäväksi vuodenaikoina, jolloin ulkoilman absoluuttinen vesihöyrynpitoisuus on vähäistä, kuten kylminä vuodenaikoina. Avoin järjestelmä on nimenä hieman harhaanjohtava, sillä kun kuivattavan tilan ilmaa lämmitetään, tulee huolehtia siitä että lämmitettävä tila on erotettavissa ulkoilmasta, eli rakennuksessa tulee olla asianmukainen lämmöneristys. Ulkoilmaa ei kannata lämmittää, se hukkaa energiaa. Rakenteiden kosteuden annetaan sitoutua lämmitettyyn ilmaan, jonka jälkeen tilan ilma vaihdetaan kuivaan ulkoilmaan. [Björkholtz 1990, Työmaan kuivanapito suojaamalla, Ratu 07-3032 Rakenteiden lämmitys ja kuivatus]

Avoimen järjestelmän mukainen kuivatus voidaan toteuttaa asuinkerrostalossa esimerkiksi siten, että työvuoron päätteeksi rakennuksen aukot suljetaan ja lämmitys jätetään päälle. Aamulla avataan luukut (porraskäytävän ovet, parvekkeen ovi) rakennuksen ala- ja yläpäästä, jolloin kosteutta sitonut ilma poistuu rakennuksesta paine-eron myötä. [Björkholtz 1990, Työmaan kuivanapito suojaamalla, Ratu 07-3032 Rakenteiden lämmitys ja kuivatus, Niemelä 2014]

Riittävä ilmanvaihto voidaan toteuttaa oviaukon kynnyksraon tai 100 mm halkaisijaltaan olevan läpimenoputken kautta. Ovi- tai ikkuna-aukon kautta tapahtuva tuuletus ja sitä kautta lämpöhävikki on liian suurta. Työmaan ilmanvaihtoa ja vaihtuvan ilman määrää havainnollistetaan kuvassa 24. [Build up skills, Rakennustyömaan olosuhdehallinta ja rakenteiden kuivattaminen]



Kuva 24. Ilmanvaihdon toteuttaminen ja aukkojen kautta vaihtuva ilmamäärä. Lähde: BUILD UP Skills, Rakenteiden kuivattaminen

Suljettu järjestelmä soveltuu käytettäväksi vuodenaikoina, jolloin ulkoilman absoluuttinen vesihöyrynpitoisuus on korkea, kuten kesällä ja alkusyksystä. Kuivattava tila tulee osastoida mahdollisimman tiiviiksi ja kuivatuksen apuna käytetään ilmankuivaajia. Ulkoilmaa ei kannata kuivattaa. [Björkholtz 1990, Työmaan kuivanapito suojaamalla, Ratu 07-3032 Rakenteiden lämmitys ja kuivatus, Niemelä 2014]

Ilmankuivaajia on kahta tyyppiä, kondenssikuivaajia ja sorptiokuivaajia. Kondenssikuivaaja soveltuu parhaiten lämpimiin (min +25°C) ja kosteisiin tiloihin. Sorptiokuivaajat soveltuvat paremmin puolestaan matalampiin (+10°C .. +25°C) lämpötiloihin. [Björkholtz 1990]

Pikakuivatuksella voidaan kuivattaa rakennetta paikallisesti hyvin nopeasti. Esimerkiksi betonisen välipohjalaatan kuivumista voidaan nopeuttaa paikallisesti (vuotokohdat, varastointikohdat) lämmittämällä rakennetta 40-50°C:een ja huolehtimalla ilmanvaihdosta. [Björkholtz 1990]

Eristetiloja ja ontelolaattojen onteloita voidaan kuivattaa käyttämällä korkeapainepuhallinta. Kuivatus voidaan suorittaa imu-, puhallus-, sekä imu-puhalluskuivauksena. Kuivatusta varten rakenteeseen porataan eristetilaan/onteloihin asti menevät 35-50 mm reiät, joiden avulla tehostetaan ilman kiertoa rakenteen sisällä. [Kaukiainen 2012]

3.4.7 Kosteus- ja olosuhdemittaukset

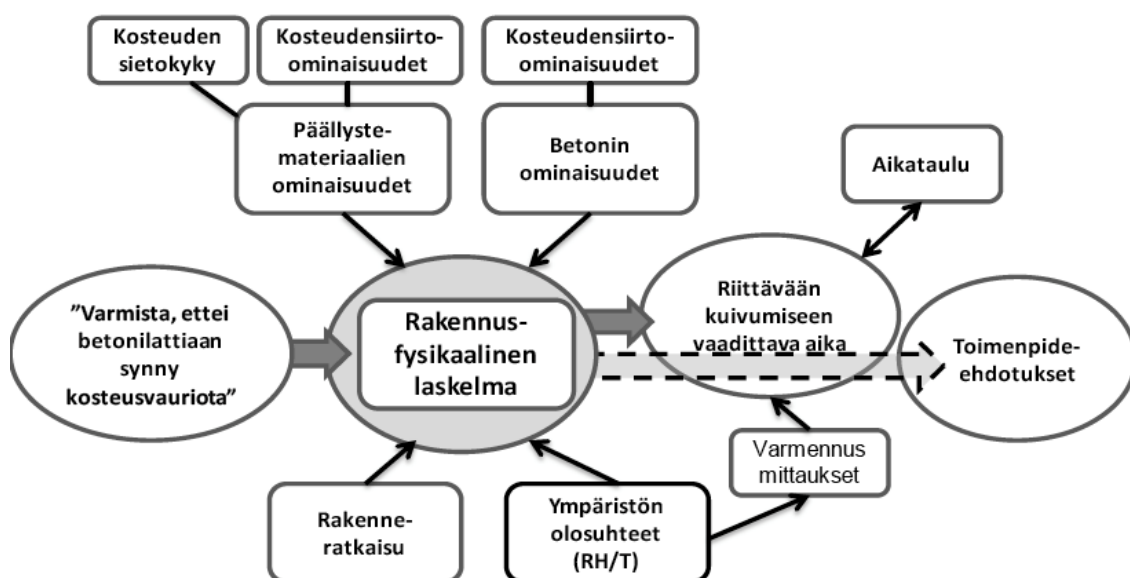
Kosteusmittaussuunnitelma laaditaan siten, että mittauksin voidaan varmistua rakenteiden kuivuminen suunnitellusti. Mittaussuunnitelma on huomioitava jo työmaa-aikataulua laadittaessa, jotta työmaalta hidastavilta yllätyksiltä välttyttäisiin.

Kosteusmittaussuunnitelmassa määritetään:

- mitä mittauksia tehdään
- mittausmenetelmä ja laitteisto
- mittauslaitteiden kalibroinnin varmistus
- henkilösertifioitu kosteusmittaaja, jolla on riittävä mittauskokemus
- mittauksen aikataulu, laajuus ja tarvittavien mittauspisteiden sijainti.

[RIL 250-2011]

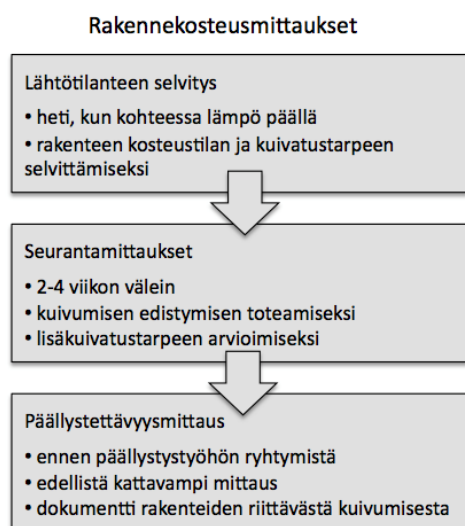
Rakenteiden kosteudenmittaukset tehdään lähinnä pinnoitettavista tai päällystettävistä betonirakenteista. Pinnoituspäätökset tulisi aina perustua laskelmista olosuhteiden seurannasta ja rakenteista tehtävistä mittauksista saatujen tietojen perusteella ammattilaisen toimesta tehtyihin johtopäätöksiin, josta on havainnollistava prosessikuva 25. [RIL 250-2011, Merikallio 2009] Pelkkien laskelmien ja kokemusten antamat tiedot tarvittavan kuivatusajan pituudesta ovat aina likimääräisiä. [Björkholtz 1990] Betonilattian suhteellisen kosteuden mittaamiseen liittyy lukuisia tekijöitä, jotka vaikuttavat mittauksen luotettavuuteen, joten pinnoituspäätösten perustaminen ainoastaan mittaustuloksiin ei ole järkevää. [Merikallio 2009] Pinnoituspäätösten teko sentti per viikko tai muovikalvokokeen perusteella on riskinotto. [Niemelä 2014]



Kuva 25. Betonilattian rakennusaikaisen riittävän kuivumisen arvioinnin tulisi perustua rakennusfysikaalisiin laskelmiin, jossa rakenteen lämpö- ja kosteustekniseen käyttäytymiseen vaikuttavat tekijät otetaan huomioon. Kuivuminen on varmennettava mittauksin. Lähde: Merikallio 2009

Kuivumisaikojen laskemista käsiteltiin luvussa 2.5.4. Kuivumisolosuhteiden seurantamittauksilla tarkoitetaan työmaan sisäilman lämpötilan- ja suhteellisen kosteuden mittauksia. Kuivumisolosuhteiden seurantamittausten perusteella päätetään, tuleeko kohteen lämpötilaa nostaa vai laskea, tuleeko ilmanvaihtoa lisätä tai vähentää vai tarvitaanko työmaalla ilmankuivaajia. Olosuhteiden seurantamittauksia on hyvä tehdä jatkuvasti työmaan kuivumisen aikana. [RIL 250-2011]

Rakenteista tehtävien mittausten avulla varmennetaan rakenteiden riittävä kuivuminen ennen päällystystyötä. Rakenteista tehtävien mittausten kulkua on havainnollistettu kuvan 26 kaaviolla. Rakenteista tehtävien seurantamittausten avulla todetaan kuivumisen edistyminen suunnitellun aikataulun mukaisesti. Mikäli seurantamittauksissa todetaan, ettei kuivuminen etene suunnitelmien mukaan, voidaan ryhtyä lisäkuivatustoimenpiteisiin aikataulun kärsimättä. Tästä syystä rakenteista tehtävät kosteusmittaukset olisi hyvä aloittaa ajoissa, jo kuivumisen alkaessa. [RIL 250-2011]



Kuva 26. Rakennekosteusmittausten kulku. Mittauksilla seurataan rakenteiden kuivumista ja varmistetaan riittävä kuivuminen. Lähde Rakennustyön kosteudenhallinta: mallirunko ja ohjeet. Oulun rakennusvalvonta. 2001, RIL 250-2011

Rakennekosteusmittaukset tehdään mittaamalla suhteellinen kosteus rakenteeseen poratusta reiästä tai rakenteesta otetusta näytepalasta. Mittaustyö tulee tehdä huolellisesti ja käytettyjen mittalaitteiden tulee olla asianmukaisesti kalibroituja ja tehtävänsä soveltuvia. [RIL 250-2011, Merikallio 2002, RT 14-10984 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus]

Rakenteiden päällystettävyyssmittaus on seurantamittauksia kattavampi ja se tehdään vähän ennen päällystystyöhön ryhtymistä. [RIL 250-2011, Merikallio 2002, RT 14-10984 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus]

Pintakosteudenosoittimia voidaan käyttää tarkempien kosteusmittausten näytteenotopaikkojen määrittämiseen. Rakenteen suhteellisen kosteuden mittauksia ja rakenteiden pinnoituspäätöksiä ei pintakosteudenosoittimien tulosten perusteella voi tehdä. [RIL 250-2011, Merikallio 2002, RT 14-10984 Betonin suhteellisen kosteuden mittaus]

3.4.8 Kosteudenhallintasuunnitelman täydentäminen ja toteuttaminen

Rakennustyömaan kosteudenhallinnan tavoitteena on estää kosteusvaurioiden synty, varmistaa rakenteiden riittävä kuivuminen ilman aikatauluviiveitä sekä vähentää rakenteiden kuvastutarvetta ja materiaalihukkaa. [Seppälä, RIL 250-2011]

Työmaan kosteudenhallintasuunnitelmassa tehdään ennakkosuunnittelua työmaan kosteusriskeistä sekä kosteudenhallintatoimenpiteistä, ja ohjeistetaan asianmukaiseen dokumentointiin ja valvontaan. Kosteudenhallintasuunnitelmassa kirjataan tiedot seuraaviin pääkohtiin:

- kosteusriskien kartoitus
- kuivumisaika-arviot
- olosuhdehallinta ja suojaus
- kosteus- ja tiiviysmittaussuunnitelma
- organisointi, seuranta ja valvonta
- raportointi

[RIL 250-2011]

Kosteudenhallintasuunnitelman rakenne voi olla seuraavanlainen:

1. Hankkeen perustiedot ja vastuhenkilö
2. Kosteudenhallinnan tavoitteet
3. Kosteusriskit
4. Kuivumisaika-arviot
5. Olosuhdehallinta (suojaus, kuivumisolosuhteet, kuivatus)
6. Erityisohjeet (esim. märkätilat)
7. Valvonta ja mittaussuunnitelma

Kosteudenhallintasuunnitelmaan kirjatut asiat on myös toteutettava.

3.5 Kosteudenhallinta käyttöönottovaiheessa

Kosteudenhallinta edellyttää aktiivisuutta ja systemaattisia toimenpiteitä kiinteistön käytössä ja ylläpidossa. Rakennuksen elinkaaren aikana omistajan ylläpitotavat ja käyttäjän toimintatavat ovat avainasemassa käyttövirheiden estämisessä. [RIL 250-2011]

Rakennuksen ja rakenteiden kunnon seurannan ja ylläpidon avuksi laaditaan huoltokirja, johon kerätään rakenteiden ylläpitoon ja huoltoon liittyvät ohjeet. Huoltokirjassa esitetään rakennuksen ja rakenteiden seuranta- ja huoltoväli sekä –toimenpiteet. Huoltokirjan laadinnalla pyritään edesauttamaan rakennuksen ja rakenteiden pysymistä terveellisinä ja turvallisina koko rakennuksen elinkaaren ajan. [RIL 250-2011]

Kattava rakentamisen aikainen dokumentointi luo edellytykset huoltokirjan toimenpiteille. Dokumentoitavia asioita ovat suunnitelmat ja käyttöohjeet, tarkastus- ja mitauspöytäkirjat sekä valo- ja videokuvat, joita kannattaa tallentaa peittyvistä rakenteista. [Niemelä 2014]

Rakennuksesta on laadittava huolto- ja ylläpito-ohjeet ylläpito-organisaation käyttöön, joka koostuu kiinteistön ylläpidon ammattilaisista. Ohjeista tulee käydä ilmi rakennuksen kosteustekninen toiminta: kosteusrasitukset ja niiden hallintatapa, veden ja kosteuden siirtymistavat, kuivumistarpeet ja –tavat sekä ilmanvaihdon toimintaperiaatteet.

Huoltokirjassa on ohjeistettava rakennuksen ja rakenteiden seurantaa ja huoltoa. Sekä tarkastus- ja huoltoväli että –toimenpiteet on määriteltävä huoltokirjassa. [RIL 250-2011]

Rakennuksen oikeanlainen käyttö on perusedellytys kosteusvaurioiden ja homeongelmien ehkäisemisessä. Huoltokirjan laadinnan yhteydessä on laadittava kiinteistön käyttäjille yksinkertainen käyttöohje, jossa selitetään ainakin ilmanvaihdon toiminnan peruseriaatteet ja ohjeistetaan märkätilojen käyttöä sekä siivousta. [RIL 205-2011]

4 OSAPUOLIEN KOSTEUDENHALLINNAN TEHTÄVÄT

4.1 Rakennuttaja

Rakennuttajan tärkein tehtävä on koota kosteudenhallinta-asiakirja, joka toimii lähtötietona kosteudenhallintasuunnitelmalle. Asiakirjaan kirjataan rakentamisen laatutavoitteet ja riskitarkastelu. Alustavan riskitarkastelun perusteella hankkeelle määritellään kosteusriskiluokka, jonka määräytymistä on käsitelty tarkemmin luvussa 3.2.2 [RIL 250-2011]

Rakennuttaja asettaa vaatimukset ja tavoitteet kosteudenhallinnalle. Tavoitteet suhteutetaan arvioituihin rakennus- ja käyttökustannuksiin. Rakennuttajan tavoitteet ja vaatimukset esitetään jo tarjouspyyntöasiakirjoissa, josta ne sopimusneuvottelujen kautta periydytään päätoteuttajalle ja sitä kautta myös aliurakoitsijoille. [RIL 250-2011]

Rakennuttaja huolehtii, että hänellä on käytössään riittävästi teknisiä ja hallinnollisia resursseja hankkeen vaativuuteen nähden, sekä hankkeen osapuolilla riittävä osaaminen.

Rakennuttajan tulee huolehtia, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan voimassa olevien säännösten sekä myönnetyn luvan mukaisesti, sekä että suunnitteluun ja toteutukseen on varattu riittävät resurssit, esimerkiksi taloudelliset resurssit ja realistinen aikataulu, hankkeen kosteudenhallinnan laatuvaatimukseen nähden. [RIL 250-2011]

Rakennuttaja käyttää kohteessa tarpeellisen määrän osaavia valvojia, joiden tehtävä on toimia työmaalla rakennuttajan edustajana ja valvoa että hanke etenee suunnitelmien ja sopimusten mukaisesti. Sopimusneuvotteluissa sovitaan päätoteuttajan kanssa myös valvonnasta ja mahdollisista sanktioista. [RIL 250-2011]

Rakennuttaja voi käyttää ulkopuolisia konsultteja suunnitelmien tarkastamiseen kosteusteknisten suunnitelmien laadunvarmistamiseksi. [RIL 250-2011]

4.2 Suunnittelija

Suunnittelijan kosteudenhallinnan tärkein tehtävä on tuottaa toteuttamiskelpoisia suunnitelmia rakenteista, jotka ovat kosteusteknisesti toimivia. Rakennusfysikaalisessa suunnittelussa tulee varmistaa, ettei kosteus aiheuta haittaa rakennuksen toiminnalle tai käytölle missään vaiheessa. Rakenteilla pitää olla kyky kuivua satunnaisen kosteusrasituksen jälkeen. [RIL 250-2011]

Suunnitelmilla tulee varmistaa rakennuspaikan kuivatus, rakennuksen perustusten kosteudenhallinta, rakennusvaipan toimivuus, märkätilaratkaisujen toimivuus ja taso sekä talotekniset ratkaisut ja kalusteet. [RIL 250-2011]

Suunnittelussa tulee kiinnittää erityistä huomiota kosteusteknisesti kriittisiin kohtiin, joita ovat rakenneosien liitokset, läpimenot ja epätyypilliset rakenneratkaisut. [RIL 250-2011]

Suunnittelussa on huomioitava rakenteen toiminta myös rakennusaikana ja ohjeistettava työmaata rakenteen suojaamisen ja vaadittavien olosuhteiden osalta. [RIL 250-2011]

4.3 Pää toteuttaja

Pää toteuttaja tarkentaa ja täydentää kosteudenhallintasuunnitelman rakennuttajan asettamien tavoitteiden pohjalta ja huolehtii suunnitelman noudattamisesta. Pää toteuttaja huolehtii että pää toteuttajan ja aliurakoitsijoiden välisissä sopimuksissa on määritelty ja sovittu kosteudenhallintaan liittyvien tehtävien hoito ja työnjako. Kosteudenhallinnan pääkeinoina ovat materiaalien ja rakenteiden suojaus ja riittävien kuivumisolosuhteiden varmistaminen. Pää toteuttaja vastaa omasta ja aliurakoitsijoiden laadunvalvonnasta työmaalla. [RIL 250-2011]

Pää toteuttaja valvoo aikatauluvastuunsa puitteissa että suunnittelun ja tuoteosavalmistuksen yhteistyö toimii. Kosteuden ja tilankäytön kannalta materiaalit kannattaa toimittaa työmaalle oikea-aikaisesti. [RIL 250-2011]

Pää toteuttaja varmistaa, että rakenteilla on riittävä kuivumisaika. Kuivuminen varmennetaan asianmukaisin mittauksin. [RIL 250-2011]

4.4 Materiaalitoimittaja

Materiaalin toimittajan vastuulla on rakennusmateriaalin toimittaminen työmaalle sovittuna ajankohtana ja sovituissa kunnossa. Toimittajalle kuuluu materiaalin suojaus tehtaalla sekä kuljetuksen aikainen suojaus. Suojaukseen kuuluu suojaus kosteutta ja kolhuja vastaan. [Työmaan kuivanapito suojaamalla]

Kuljetuksen aikainen suojaus on usein riittämätön työmaa-aikaiseen varastointiin, tai lastia purettaessa kuljetuksen aikainen suojaus pääsee heikentymään, jolloin materiaalin suojaustasoa tulee parantaa työmaalla. Materiaalin toimittaja esittää vaatimukset materiaalin varastoinnin aikaisille sekä asennusaikaisille olosuhteille. Työmaan tulee tarvittaessa kysyä ohjeistusta materiaalitoimittajalta. [Työmaan kuivanapito suojaamalla]

Materiaalit toimitetaan työmaalle oikea-aikaisesti. Tarpeetonta varastointia kannattaa välttää työmaalla tilan puutteen ja materiaalien vaurioitumisriskin takia. Työmaalla kannatta miettiä etukäteen materiaalien varastointipaikat ja toimenpiteet sekä tarkastukset materiaalitoimitusten yhteydessä. [Niemelä 2014, Työmaan kuivanapito suojaamalla]

4.5 Käyttäjä

Pääosa rakennusten vesivahingoista sattuu rakennuksen käytön aikana. Rakennuksen oikeanlainen käyttö on perusedellytys kosteusvaurioiden ja homeongelmien ehkäisemisessä. Käyttö tulee suhteuttaa rakennuksen ominaisuuksiin. [RIL 250-2011]

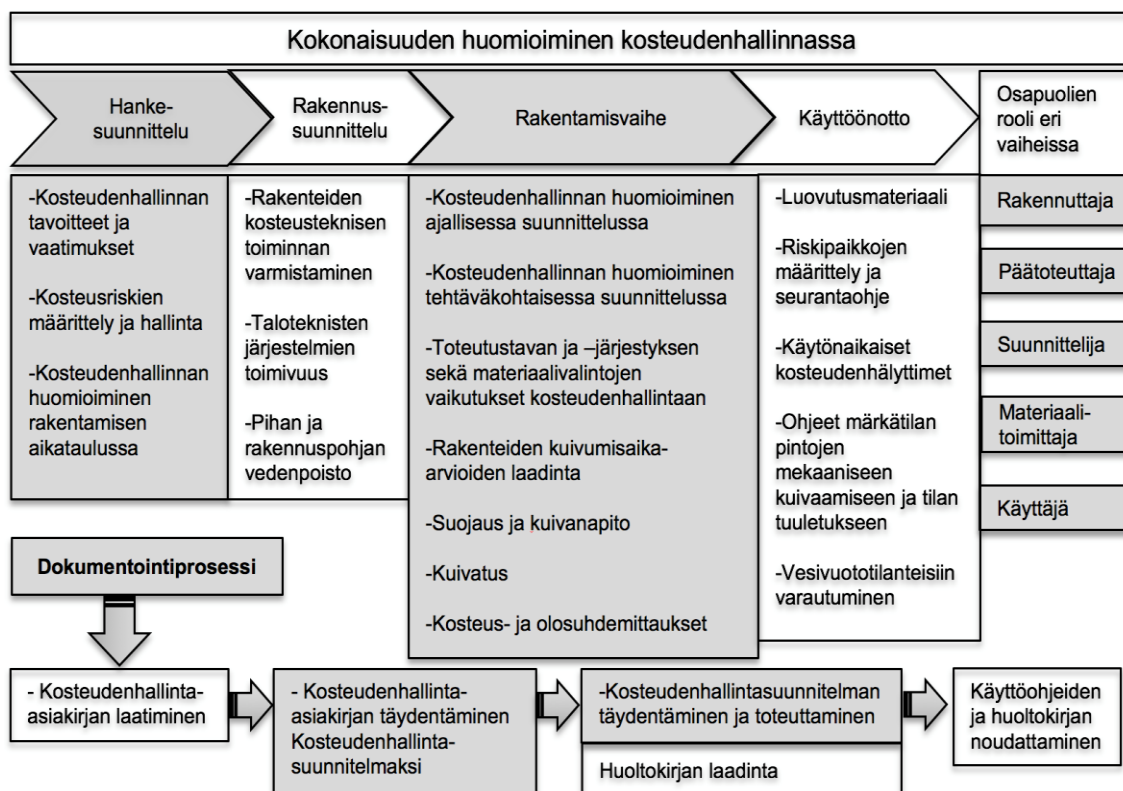
Rakennuksen käyttöä ja käyttäjiä tulee ohjeistaa riittävästi kiinteistönpito-organisaation toimesta. Käyttäjällä tulee olla riittävä tietämys märkätilojen, vesikalusteiden sekä ilmanvaihdon toiminnasta ja selkeät ohjeet niiden käyttöön. [RIL 250-2011]

Tilojen säännöllinen siivoaminen sekä käytettävien tilojen tarkkailu on helpoin tapa ehkäistä kosteusongelmia. Mikäli käyttäjä epäilee kosteusvauriota rakenteessa, tulee siitä välittömästi ilmoittaa ylläpito-organisaatiolle. [RIL 250-2011]

5 KUIVANA RAKENTAMISEN MALLI

5.1 Kuivanapito rakentamisessa

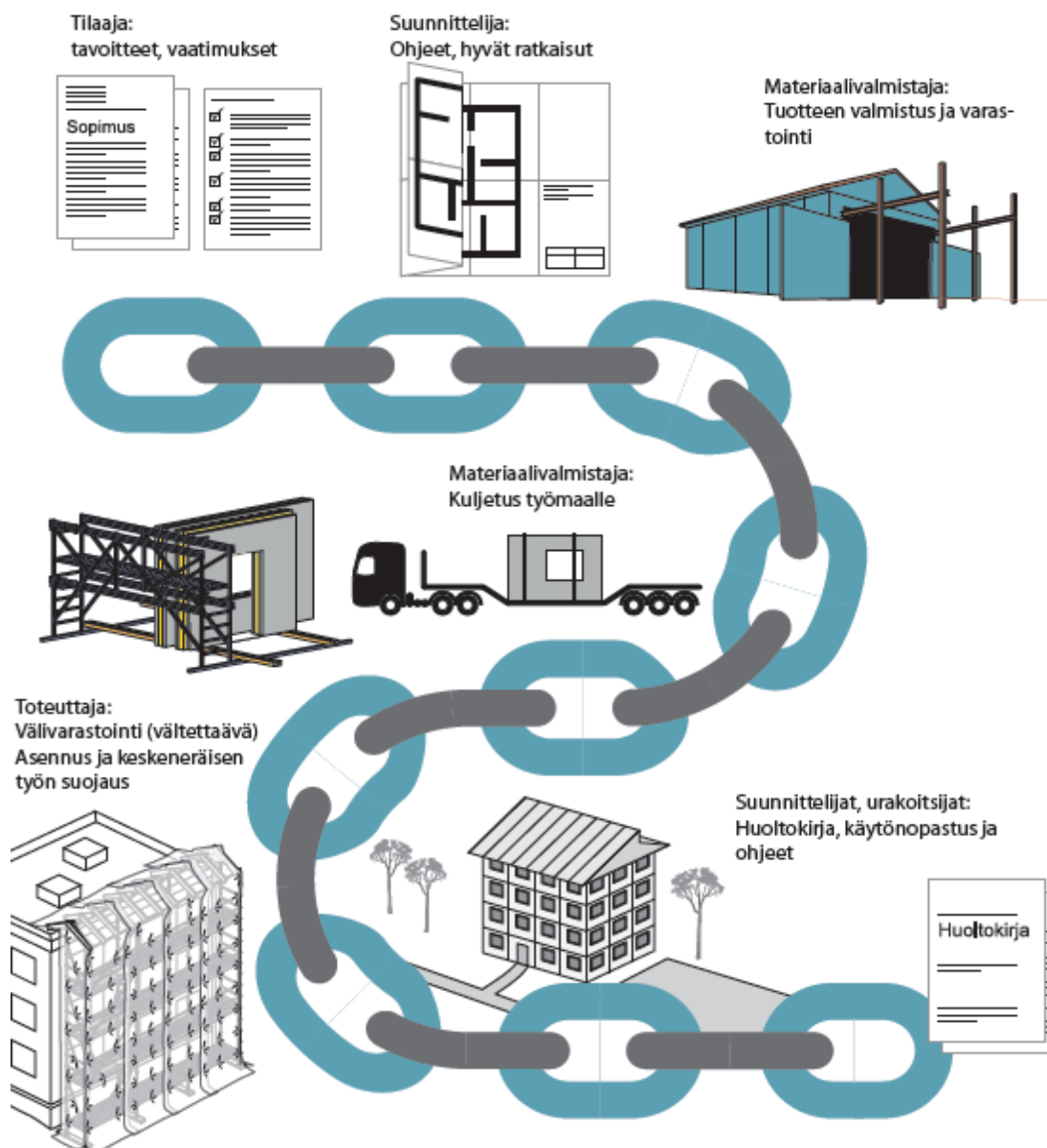
Kosteusongelmia ja homevaurioita voidaan estää, jos rakentamisen ketju, rakennuttaminen – suunnittelu – toteutus – käyttö, tähtää kokonaisuudessaan hallittuun ja kuivaan rakentamiseen. Kuvassa 27 havainnollistetaan teoriaosiossa esitettyjä kosteudenhallinnan kannalta tärkeitä osa-alueita, jotka huomioidaan kuivana rakentamisen mallissa.



Kuva 27. Rakennushankkeen kosteudenhallintaprosessi sekä tutkimuksen teorialuku käsittelevät kaaviossa esitettyjä asioita. Kuvan alareunassa havainnollistetaan dokumentointiprosessin kulkua hankkeen eri vaiheissa. Kehitetty lähteiden RIL 250-2011 ja RIL 107-2012 pohjalta.

Kuivana rakentamisen malli ohjeistaa toteuttajia havaitsemaan ja ehkäisemään kosteusriskejä sekä panostamaan rakennushankkeen kosteudenhallinnassa oikeisiin ja oleellisiin toimenpiteisiin. Mallin on tarkoitus olla järkevä, toteuttamiskelpoinen ja kustannustehokas ohje onnistuneeseen kosteudenhallintaan.

Kuivana rakentamisen mallia havainnollistetaan kuvassa 28. Malli mukailee elintarviketeollisuuden kylmäketjua vastaavaa ”kuivaketjua”, jota on Oulun rakennusvalvonnassa ajettu eteenpäin. Ketju on yhtä vahva kuin sen heikoin lenkki, eli yhden heikon vaiheen seurauksena ketju ei ole vahva.



Kuva 28. Kuivana rakentamisen mallin vaiheet alkavat jo tilaajasta ja päättyy rakennuksen elinkaaren päättyessä.

Luvussa 5 käydään läpi kuvassa 28 havainnollistetut kuivana rakentamisen vaiheet. Vaiheissa esitetään vaiheen oleelliset toimet, sekä vaikutukset koko ketjun toimintaan.

5.2 Edellytysten luominen kuivana rakentamiselle

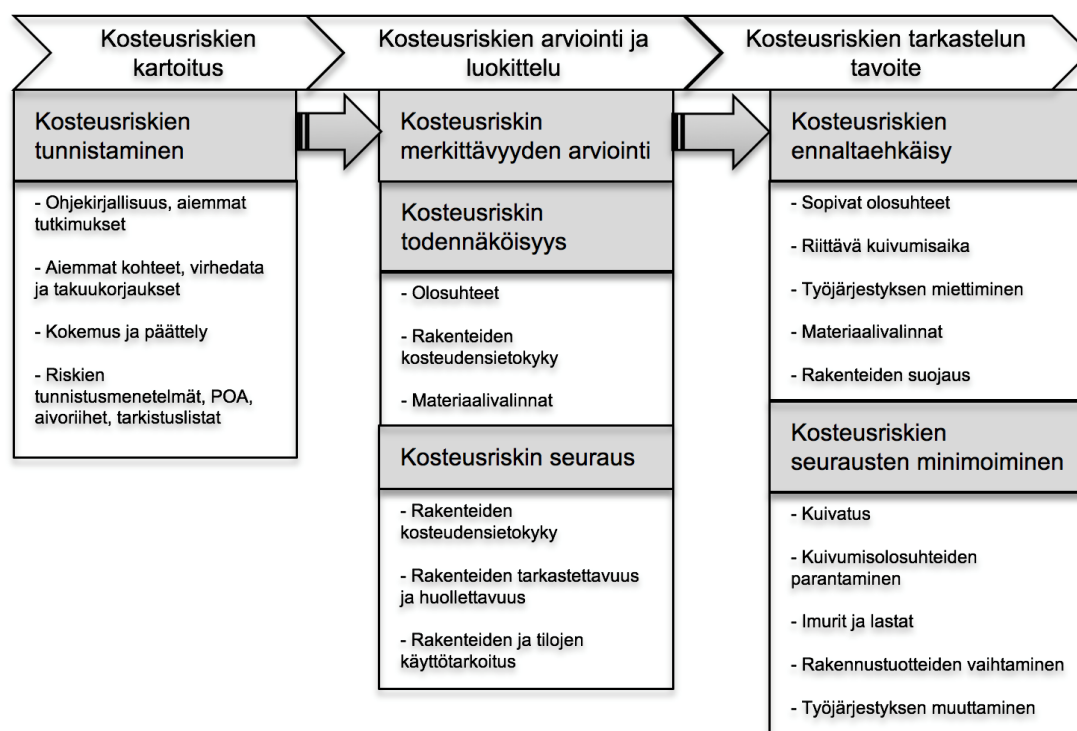
Tilaaaja asettaa tavoitteet ja vaatimukset suunnittelulle ja toteutukselle. Kosteudenhallinnan tavoitteet ja vaatimukset liitetään tarjouspyyntöasiakirjoihin, jolloin toteuttaja ottaa ne huomioon laskentavaiheessa. Tilaaajan kosteudenhallinnan keskeisimmät kohdat, sekä vuorovaikutus suunnittelijan ja päätoteuttajan kanssa on havainnollistettu kuvassa 29.



Kuva 29. Kuivana rakentaminen lähtee edellytysten luomisesta, jossa tilaajalla on keskeinen rooli.

Tilaaaja vaikuttaa koko kuivaketjuun hankkeelle asettamallaan kosteudenhallinnan vaatimuksilla ja tavoitteilla. Vaatimukset on kirjattava sopimukseen ja mielellään jo tarjouspyyntöihin. Tilaaaja valvoo, että vaatimukset toteutetaan.

Kosteusriskienhallintaprosessi on osa kuivana rakentamisen edellytysten luomista. Kosteusriskienhallintaprosessin kulku voidaan jakaa kuvan 30 mukaisesti kolmeen vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa kartoitetaan ja listataan mahdollisia kosteusriskejä. Kosteusriskien kartoituksessa tekijä tukeutuu oman kokemuksensa ja osaamisensa lisäksi alan ohjekirjallisuuteen ja tutkimustuloksiin sekä yrityksen omaan sisäiseen tietoon (virhe- ja takuukorjausdata). Hankkeen eri osapuolien osaamista kannattaa hyödyntää kosteusriskien kartoituksessa.



Kuva 30. Kosteusriskienhallintaprosessi.

Kosteusriskienhallintaprosessin toisessa vaiheessa kosteusriskit jaotellaan niiden merkittävyyden mukaan. Kosteusriskin merkittävyyteen vaikuttavat riskin toteutumisen todennäköisyys ja riskin toteutumisen seuraukset. Kosteusriskien merkittävyyden arviointi voidaan tehdä esimerkiksi rakenteittain, ja miettiä miten hyvin rakenne kestää kosteusrasitusta ja miten paljon rakenne altistuu kosteusrasitukselle.

Kolmannessa vaiheessa kartoitettuja kosteusriskejä pyritään ennaltaehkäisemään tai vaihtoehtoisesti niiden seurausten vaikutukset minimoidaan. Kaikkia kosteusriskejä ei voida poistaa kokonaan, mutta niiden toteutumistodennäköisyyttä ja vaikutuksia voidaan pienentää. Toimenpiteet kohdistetaan rakenteisiin, joiden vaurioitumisriski on suurin.

Hankkeen aikana havaitut ongelmat sekä ratkaisut niihin dokumentoidaan. Tavoitteena on, että niistä opitaan ja hyväksi havaittuja keinoja voidaan hyödyntää tulevissa hankkeissa. Yksi keino pienentää kosteusriskien toteutumistodennäköisyyttä on lisätä tiedotusta sekä työntekijöiden koulutusta kosteudenhallinnasta.

Kosteusriskien hallinta aloitetaan rakennuttajan toimesta jo hankkeen alkuvaiheessa, ja hankkeen edetessä siihen osallistuu hankkeen eri osapuolet mukaan lukien suunnittelijat ja toteuttajat. Kosteusriskit tallennetaan kosteudenhallintasuunnitelmaan ja sitä täydennetään hankkeen aikana tarvittaessa. Kosteusriskien hallintaa voidaan käsitellä kuvan 31 mukaisessa matriisimuodossa, jossa kosteusriskeille määritellään toimenpiteet ennalta ehkäisyyn ja riskin toteutumisen varalle, sekä määritellään vastuuhenkilö.

Rakenteet ja rakennusosat	Aloitusedellytykset			Kosteusriski	Vaikutukset	Ennaltaehkäisy	Hälytyn	Toiminta toteutuessa/ varasuunnitelma	Vastuuhenkilö, kuittaus ja PVM
	Suunnitelmat	Olosuhteet	edellinen työvaihe						
Salaojat ja maanpinnan alapuoliset rakenteet				Salaojaputkien kaadot	Salaoja-järjestelmä ei toimi	Tarkistetaan korot työmaalla			Maanrakennus-urakoitsija
Salaojat ja maanpinnan alapuoliset rakenteet				Salaojitus- kerros ei ole riittävä	Vesi nousee kapillaarisesti rakenteisiin	Varmistetaan salaoja-kerroksen riittävä paksuus sekä oikea materiaali	Tarkistetaan, että kerros vastaa suunnitelmia. Mitataan paksuus työmaalla		Maanrakennus-urakoitsija
Ontelolaatat				Välipohjalta valuu vesi alempiin kerroksiin	Alempien kerrosten kuivuminen viivästyy	Saumavalu ajoissa, vedenohjaus-järjestelmän rakentaminen	Vesiläikät alemmissa kerroksissa	Vesi-imurin käyttö holvilla	Runko- urakoitsija
Ontelolaatat				Vesi kulkeutuu holvilla kantavien seinien eristetiloihin	seinän eristeet kastuvat, hidastaa rakenteen kuivumista	eristetilan suojaus, veden patoaminen korotetun sauman avulla	Eristeet kosteat	Eristetilan kuivatus	Runkomestari
Ontelolaatat				Onteloihin jää vettä	kosteus- ja värihaittoja asunnon katossa	onteloiden vedenpoistoreiät porataan auki. Porataan lisäreikiä riskikohtiin	kosteusläikät välipohjan alapinnoilla	lisäreikien poraus onteloihin. Onteloiden kuivatus imu- puhallus- kuivatuksella	Runkomestari

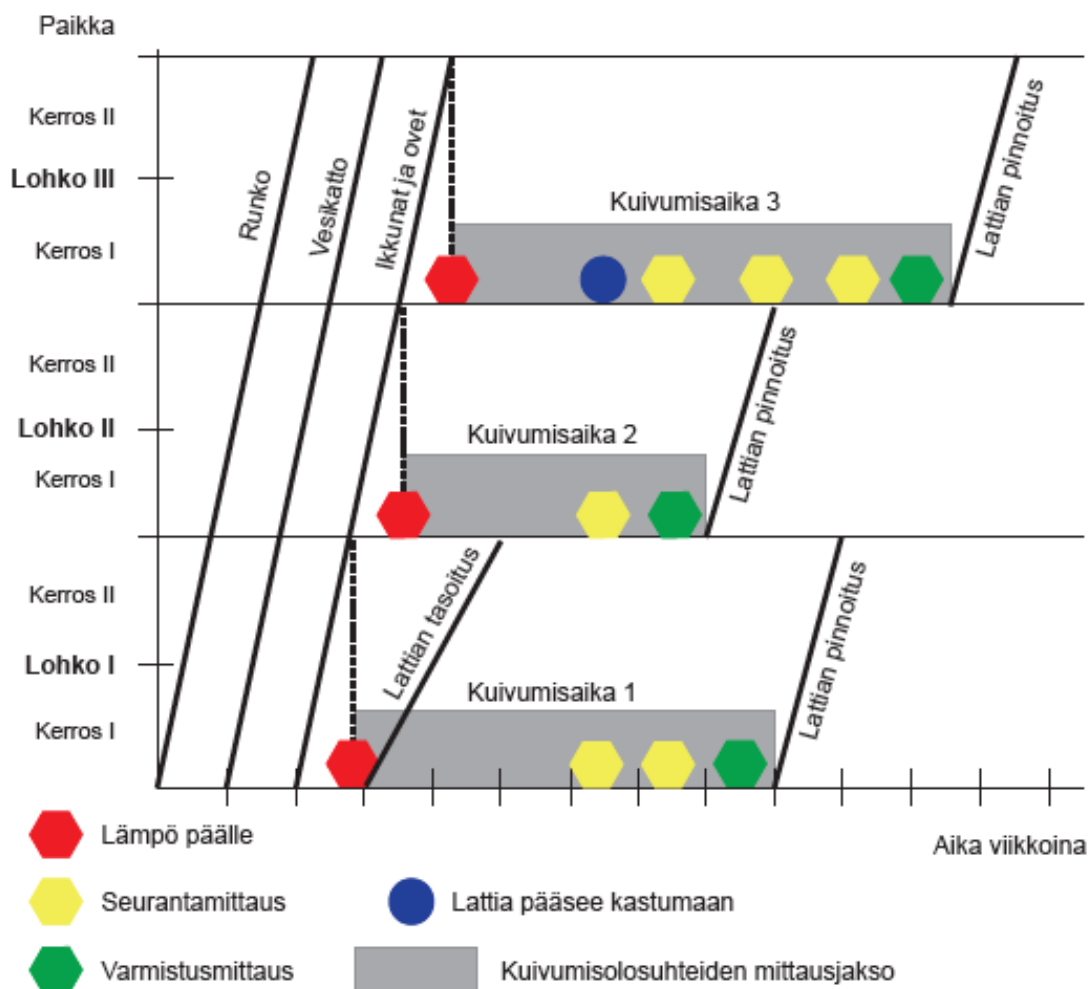
Kuva 31. Esimerkki hankkeen kosteusriskienhallintamatriisista.

Nyrkkisääntö rakentamisen kosteusriskienhallintaprosessin toteuttamiseen:

- riskienhallintaprosessin ei tarvitse olla monimutkainen
- kosteusriskejä arvioidaan etukäteen
- mietitään, miten niitä voidaan ennaltaehkäistä ja
- miten toimitaan riskin toteutuessa.

Kuivana rakentamisen edellytysten luomisessa kolmas keskeinen asia on realistisen aikataulun laadinta, jossa otetaan huomioon vallitsevat olosuhteet ja vuodenaikojen vaikutus, kosteusrasitusta aiheuttavat työvaiheet, rakenteiden kuivumisen ja kuivattamisen mahdollisuudet sekä riittävät kuivumisajat.

Kuivumisaikaa ja kuivumisen seuranta voidaan merkitä aikatauluun esimerkiksi kuvan 32 mukaisesti. Rakenteen kastuminen kesken kuivumisen pidentää kuivumisaikaa merkittävästi, joten rakenteen kastumista kesken kuivumisen tulee välttää.



Kuva 32. Rakenteiden kuivumisen huomioiminen aikataulussa.

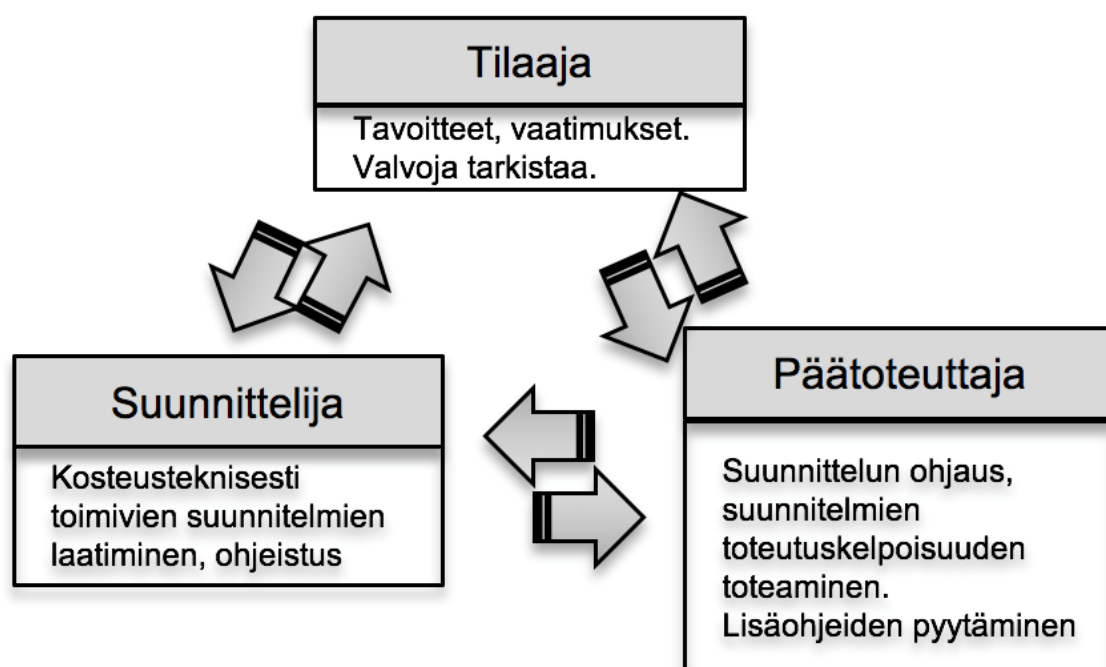
Rakenteiden kuivumisolosuhteita tulee seurata koko kuivumisen ajan, kuten kuvasta 32 voidaan havaita.

Edellytysten luomiseen sisältyy myös kosteudenhallinta-asiakirjan laatiminen, joka toimii lähtötietona ja esiasteena kosteudenhallintasuunnitelmalle. Kosteudenhallinta-asiakirja on kirjallinen dokumentti vaaditusta rakennustuotannon kosteudenhallinnan tasosta. Mikäli asiakirjoissa, kuten suunnittelu- ja urakkasopimuksissa, ei määritellä kosteudenhallinnan tasoa, on urakoitsijoilla vapaus valita käytettävät tuotanto- ja sääsuojausmenetelmät. Tilaajan tulee sisällyttää tarjouspyyntöasiakirjoihin laatimisohje kosteudenhallintasuunnitelmalle sekä velvoittaa pääurakoitsijaa esittämään ja hyväksyttämään kriittisten rakenteiden kuivumisaika-arviot ja näiden kuivumiseen liittyvä aika- taulu, sääsuojaus ja olosuhdehallinta sekä tarvittavat mittaukset.

5.3 Suunnitelmien laatiminen

Suunnittelijan tärkein tehtävä on suunnitella kosteusteknisesti toimivat rakenteet. Tämän lisäksi suunnittelija määrittelee olosuhteet rakenteiden toteutukselle sekä ohjeistaa työmaata rakenteiden toteutuksessa ja suojaamisessa.

Suunnitelmat vaikuttavat sekä toteutusvaiheeseen, että käyttövaiheeseen. Huonoja suunnitelmia ei voida välttämättä pelastaa hyvällä toteutuksella. Suunnitelmien laadinnan haasteena ovat eri suunnittelualojen yhteistyö ja yhteensovittaminen, kireät aikataulut vajavaiset suunnitteluresurssit sekä suunnittelun ohjaus. Pää toteuttajan sekä tilaajan edustaman valvojan tulee varmistaa suunnitelmien asianmukaisuus. Osapuolien välistä riippuvuutta kuvataan kuvassa 33.



Kuva 33. Kuivana rakentaminen vaatii yhteistyötä osapuolien välillä.

Suunnittelijat täydentävät kosteudenhallinta-asiakirjaa kosteudenhallintasuunnitelmaksi. Tehtäviä asioita ovat rakenteiden riskianalyysi ja ohjeistus rakenteiden työmaaikaiseen suojaukseen sekä olosuhdevaatimusten esittäminen.

5.4 Materiaalitoimitukset tehtaalta työmaalle

Materiaalitoimittaja valmistaa materiaalit, huolehtii niiden asianmukaisesta varastoinnista ja suojaamisesta tehtaalla sekä toimittaa rakennustuotteet työmaalle sovittuna ajankohtana sovitun mukaisessa kunnossa. Pää toteuttaja sopii materiaalitoimittajan kanssa toimitusajankohdan, sekä määrittelee vaatimukset rakennustuotteen laadulle.

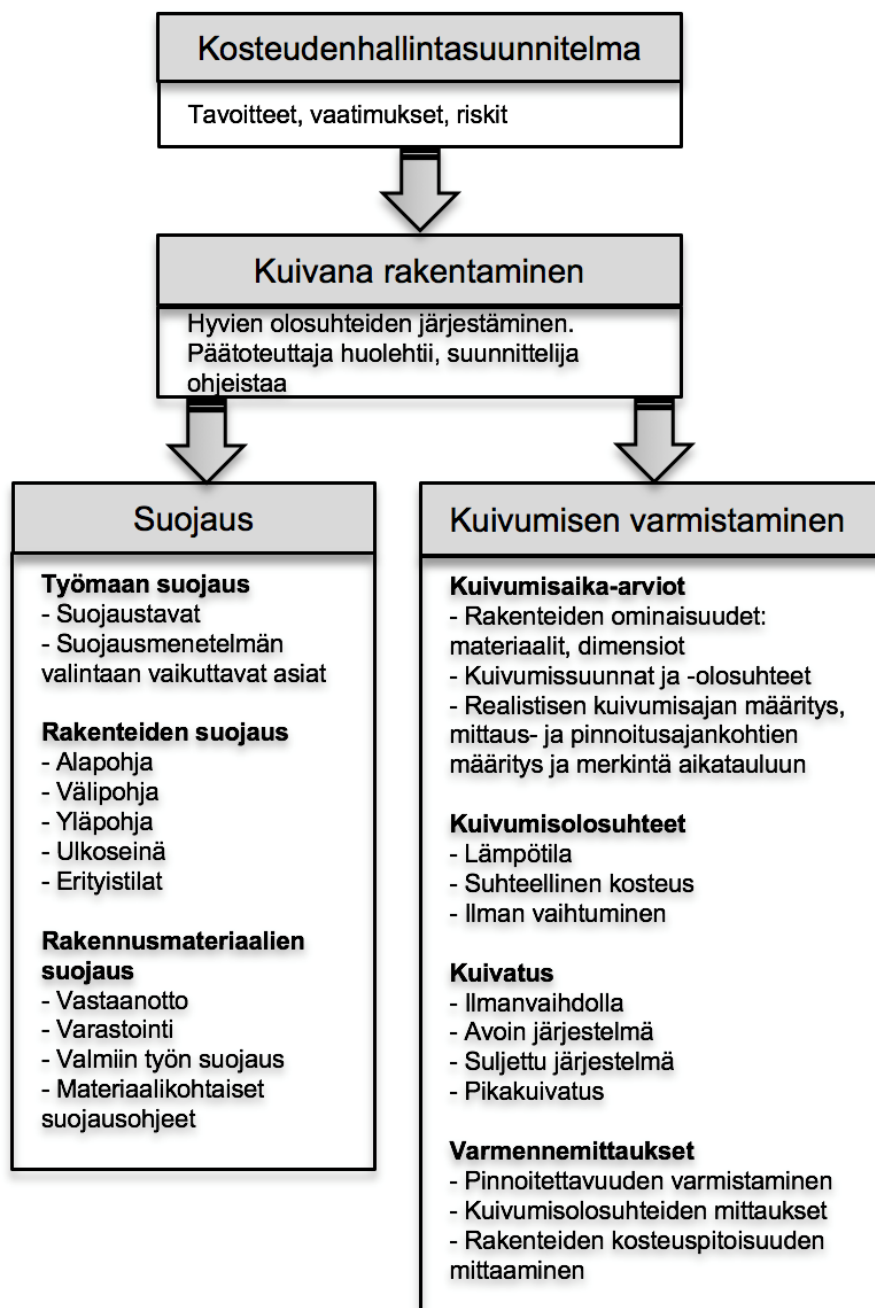
Pää toteuttaja huolehtii tavaran vastaanotosta ja varastoinnista työmaalla. Aluesuunnitelmaan merkitään toimituspaikat, sekä materiaalien varastointipaikat. Materiaalit pyritään toimittamaan työmaalle täsmätoimituksin juuri ennen niiden asentamista. Tuotteiden pitkää varastointia työmaalla tulee välttää, sillä silloin ne ovat alttiina mekaanisille- sekä kosteusvaurioille, ja ne vievät tilaa työmaalla.

Materiaalitoimittaja ohjeistaa työmaata tavaran varastoinnissa sekä suojauksessa. Rakennustuotteiden kuljetuksen aikaiset suojaukset ovat harvoin riittäviä pitempiaikaiseen varastointiin työmaaolosuhteissa, ja monesti kuormaa purettaessa kuljetuksen aikaisia suojauksia joudutaan osittain tai kokonaan purkamaan. Pää toteuttajan on huolehdittava rakennustuotteiden asianmukaisesta suojauksesta vastaanoton jälkeen.

Materiaalitoimitusvaihe vaikuttaa lähinnä toteutusvaiheeseen. Mikäli materiaalit onnistutaan toimittamaan kuivana työmaalle ja materiaalit suojataan työmaalla asianmukaisesti, rakenteita ei tarvitse toteutusvaiheessa kuivattaa.

5.5 Kuivana rakentaminen työmaalla

Toteutusvaiheen aikana rakenteiden riittävästä suojaamisesta sekä kuivumisesta on huolehdittava. Suojaamistaso ja käytettävät menetelmät määräytyvät aiemmissa vaiheissa asetettujen tavoitteiden mukaisesti. Kuivana rakentamisen toteutusvaiheen toimet esitetään kuvassa 34.



Kuva 34. Toteutusvaiheessa päätoteuttaja huolehtii rakenteiden suojauksesta sekä rakenteiden kuivumisesta. Kuivuville rakenteille järjestetään hyvät kuivumisolosuhteet, rakenteita kuivatetaan tarpeen mukaan, ja kuivuminen varmennetaan asianmukaisin mittauksin.

Suojauksen tavoitteena on estää ylimääräisen kosteuden pääsy rakenteisiin. Mitä vähemmän rakenteisiin pääsee rakennusvaiheessa kosteutta, sitä vähemmän kosteutta on

poistettavana. Suojaaminen on lähtökohtaisesti tehokkaampaa ja edullisempaa kuin rakenteiden kuivattaminen. Työmaalla on suunniteltava työmaan suojaus, rakenteiden suojaaminen sekä rakennusmateriaalien suojaaminen.

Suojaustavan valinnassa tulee huomioida hankkeen yksilölliset ominaispiirteet. Suojauksen on oltava riittävää, eli kosteudesta pilaantuvat tuotteet eivät saa kastua ja kosteutta sietävien tuotteiden kanssa tulee miettiä, kumpi on kannattavampaa, suojaaminen vai kuivattaminen. Jos esimerkiksi todetaan, ettei betonirunkoisen kerrostalon holvien suojaaminen sateelta ole hankkeessa kannattavaa, on turha vaatia ontelolaattojen suojaamista ennen niiden asentamista. [kuva 35] Sen sijaan on huolehdittava riittävien kuivumisolosuhteiden luomisesta niiden asentamisen jälkeen. Kosteutta hyvin sietävien materiaalien kosteus ei saa päästä missään tapauksessa vaurioittamaan kosteudelle herkkiä tuotteita.



Kuva 35. Mikäli holvin annetaan kastua, ei ontelolaattojen suojaaminen ole oleellista. Tällöin tulee huolehtia rakenteen kuivumisesta.

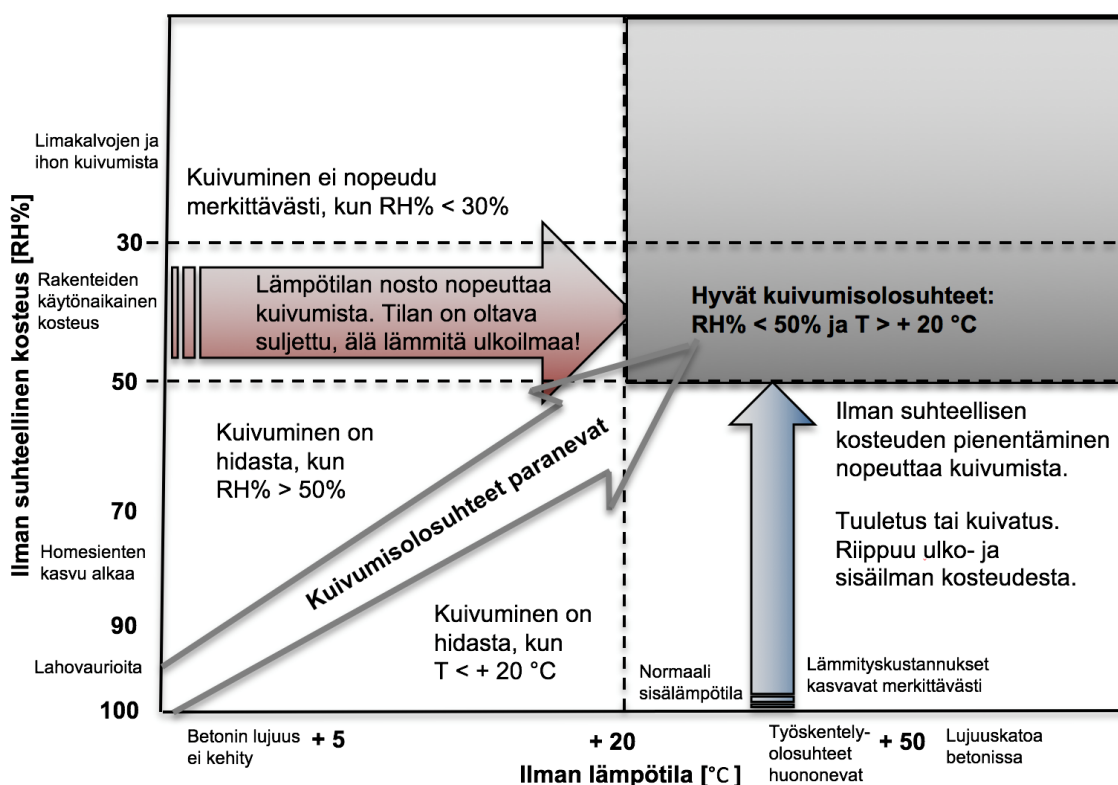
Eri rakenteiden ja rakennusosien suojaamisessa tulee ottaa huomioon kunkin rakenteen ongelmakohdat ja kosteuslähteet sekä rakenteiden kosteudensietokyky. Rakennuksen valmiin vaipan on tarkoitettu kestämaan sään rasitukset. Keskeneräisten rakenteiden suojaamiseen tulee kiinnittää huomiota, ja suunnittelijan tulisi ottaa kantaa ja ohjeistaa keskeneräisen työn suojaus. Työ tulisi myös suunnitella siten, että kokonaisuus saadaan

valmiiksi työvuoron aikana tai ainakin keskeneräisen työn suojaamiseen varataan aikaa työvuoron päätteeksi. Työn suojaamista tulee valvoa muun seurannan yhteydessä.

Rakenteiden kuivuminen varmistetaan tekemällä laskennalliset kuivumisaika-arviot pinnoitettavista rakenteista, pitämällä kuivumisolosuhteet vähintään yhtä hyvänä, mitä on käytetty laskelmissa, ja varmentamalla sekä rakenteiden kuivuminen, että hyvien kuivumisolosuhteiden voimassaolo mittauksin.

Kuivumisaika-arvioista saatuja kuivumisaikoja on verrattava aikatauluun ja arvioitava onko aikataulussa varattu riittävästi aikaa rakenteiden kuivumiselle. Kuivumista tehostetaan tarvittaessa kuivattamalla rakenteita. Rakenteen kuivumisolosuhteet tulee pitää vähintään vastaavina tai parempina kuin kuivumisaika-arvioita laadittaessa, muuten kuivumisaika-arvio ei ole paikkansapitävä. Rakenteen kastuminen kesken kuivumisen pidentää kuivumisaikaa merkittävästi, joten rakenteen kastumista kesken kuivumisen tulee välttää.

Kuvassa 36 on esitetty hyvät kuivumisolosuhteet ja peruseriaatteet niiden saavuttamiseksi.

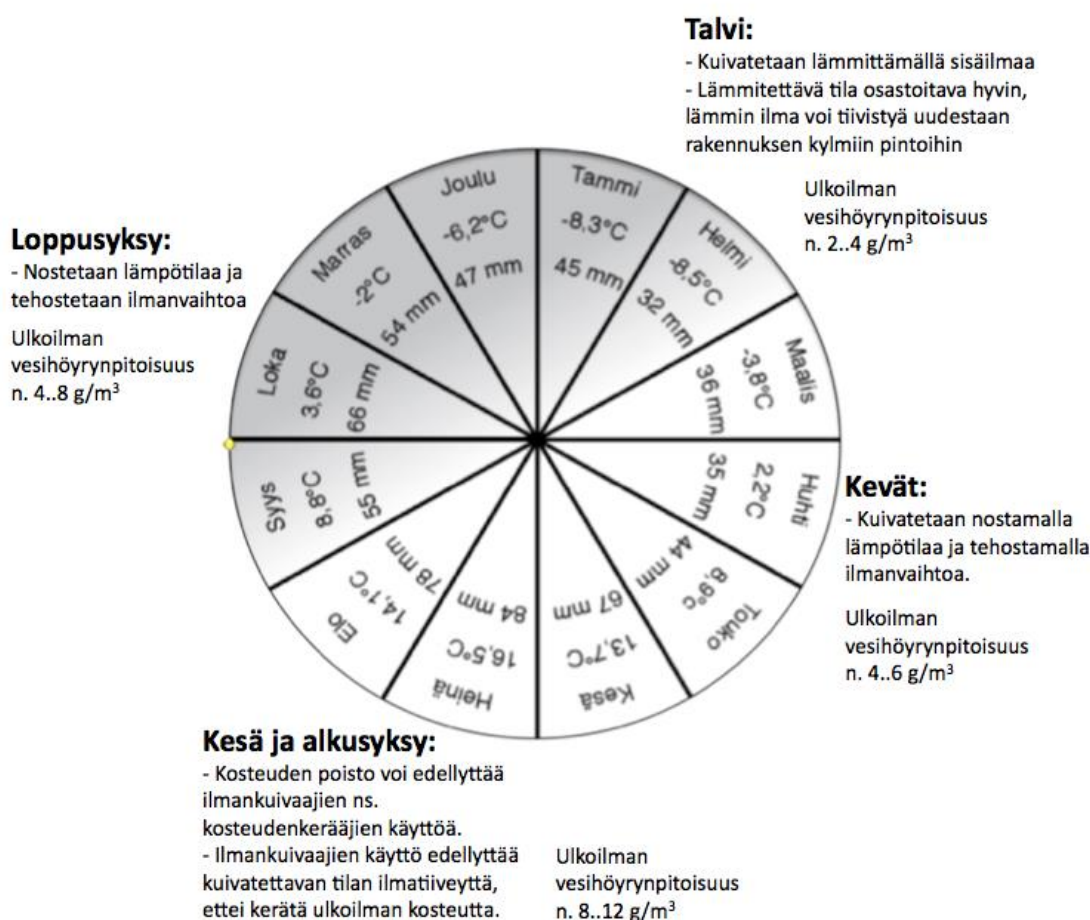


Kuva 36. Rakenteiden hyvät kuivumisolosuhteet saavutetaan lämpötilaa nostamalla sekä ilman suhteellista kosteutta pienentämällä.

Kuivumisolosuhteita parannetaan nostamalla rakennetta ympäröivän ilman lämpötilaa ja pienentämällä ilman suhteellista kosteutta. Lämpötilan liiallinen nosto huonontaa työskentelymukavuutta, joka voi johtaa ovien ja aukkojen aukipitämiseen ja sitä kautta kuivumisolosuhteiden huononemiseen.

Ilman kosteudenvastaanotto-kyky on sitä parempi mitä lämpimämpää ja kuivempaa ilma on. Hyvät olosuhteet kuivumiselle ovat lämpötilan pitäminen vähintään 20 °C:ssa ja ilman suhteellisen kosteuden pitäminen enintään 50% RH:ssa. Ilman riittävään liikkeeseen rakenteen pinnalla varmistetaan ilmanvaihdolla ja sillä, ettei kuivuvan pinnan edessä ole varastoituna tai ripustettuna mitään.

Kuivatustoimenpiteiden suunnittelussa ja hyvien kuivumisolosuhteiden saavuttamisessa tulee huomioida ulkoilman olosuhteet. Nyrkkisääntönä voidaan käyttää kuvan 37 mukaista jakoa. Kun ulkoilmassa on vähän kosteutta, kuivattamiseen riittää ilmanvaihto ja sisäilman lämmittäminen ja kun ulkoilmassa on paljon kosteutta, kuivuminen edellyttää ilmankuivaajien käyttöä.



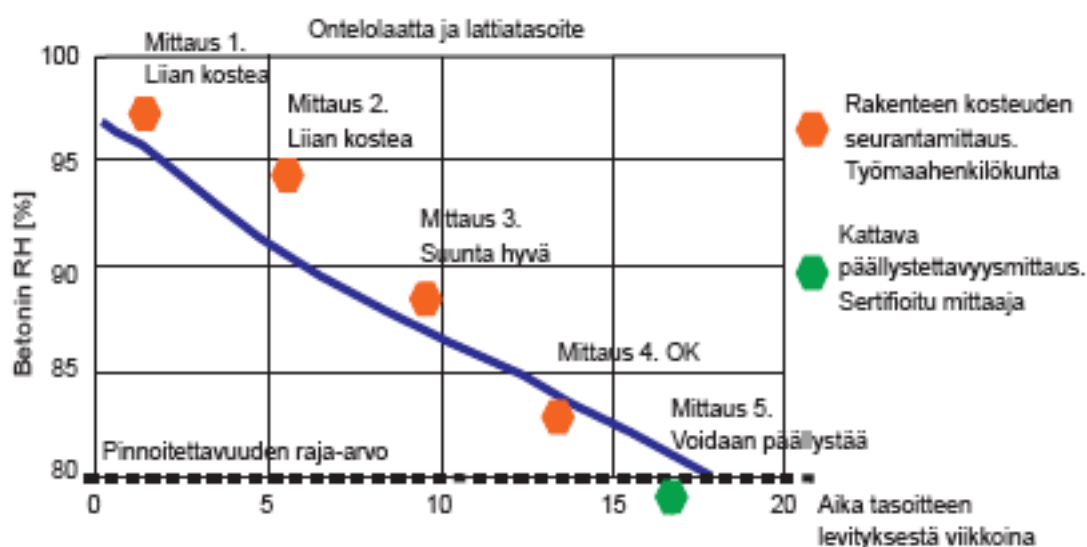
Kuva 37. Vuodenajan vaikutus ulkoilman olosuhteisiin ja sitä kautta kuivatustoimenpiteiden valintaan. Muokattu lähteestä: Ratu S-1232 Rakennustyömaan suojaus

Rakenteiden riittävän kuivumisen varmistaminen perustuu rakennusfysikaalisiin kuivumislaskelmiin, jota tuetaan varmennusmittauksin. Laskettuja teoreettisia arvoja vertaillaan mitattuihin arvoihin ja johtopäätökset tehdään koko datan perusteella.

Kuivana rakentamisen mallissa mittauksia tehdään sekä kuivumisolosuhteista, että päällystettävistä tai pinnoitettavista rakenteista. Sisäilman kuivumisolosuhteita, eli sisäilman lämpötilaa ja suhteellista kosteutta seurataan koko kuivumisen ajan. Mittaamiseen käytetään esimerkiksi seinään kiinnitettävää mittaria, jolla voidaan mitata lämpöti-

laa ja suhteellisen kosteus. Kuivattavan tilan olosuhteiden lisäksi tulee tarkistella ympäröivien tilojen sekä ulkoilman olosuhteita, mikäli niistä otetaan korvausilmaa kuivattavaan tilaan.

Rakenteista mitataan lämpötilaa ja suhteellista kosteutta. Rakenteesta tehtävät mitaukset aloitetaan lähtötilamittauksella heti sen jälkeen, kun rakenne ei pääse enää kasumaan. Seurantamittauksia on hyvä tehdä 2-4 viikon välein, ja 2 viikkoa ennen aiottua päällystämisen tai pinnoittamisen ajankohtaa. Seurantamittauksilla varmistetaan, että rakenne lähtee kuivumiaan, ja että kuivuminen tapahtuu suunnitellun aikataulun mukaisesti. Mittaustuloksia verrataan laskennalliseen kuivumisaika-arvion tuottamiin arvoihin. Riittävällä seurannalla heikkoon kuivumiseen voidaan puuttua olosuhteita parantamalla ilman, että syntyy aikatauluviiveitä. Kuvalla 38 havainnollistetaan rakenteista tehtävää kosteudenmittausprosessia.



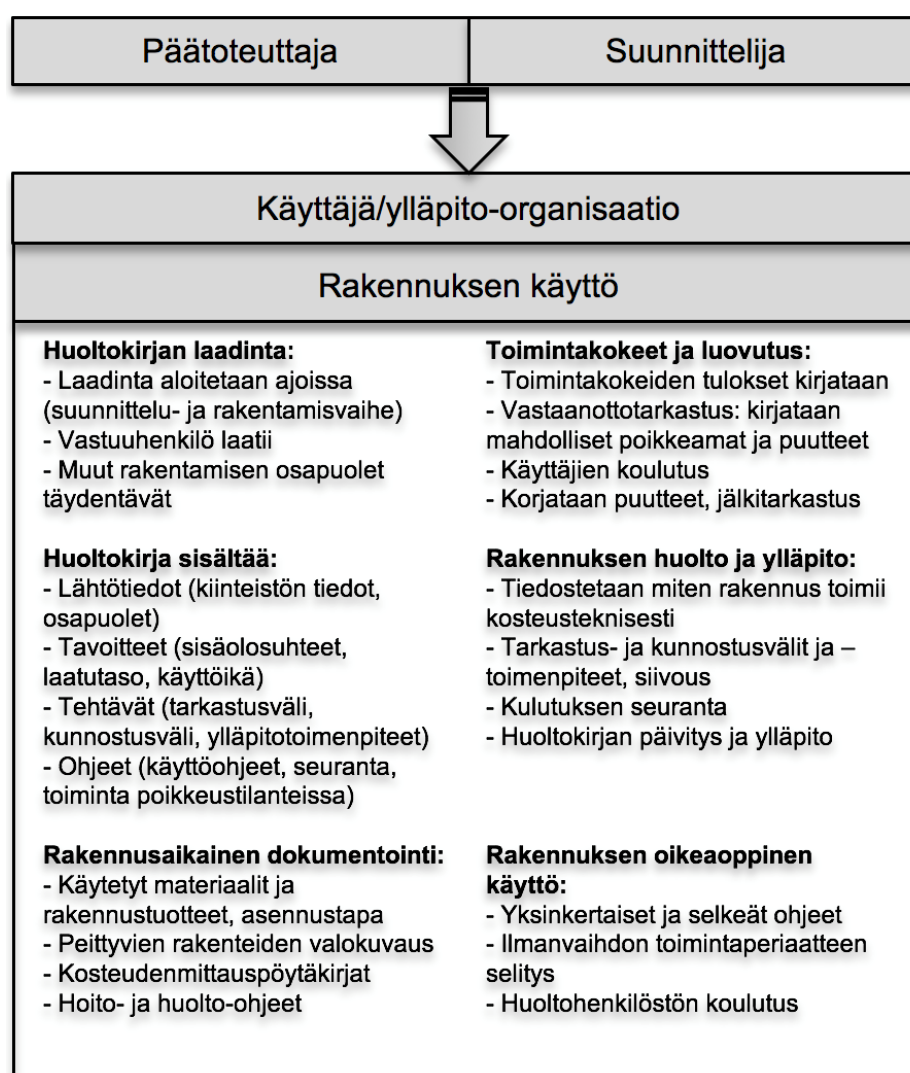
Kuva 38. Rakenteesta tehdään säännöllisiä seurantamittauksia ja kosteusmittausten tuloksia on verrattava kuivumisaika-arvioon.

Ennen aiottua päällystys tai pinnoittamisajankohtaa rakenteesta tehdään kattavampi suhteellisen kosteuden mittaus käyttäen joko porareikä- tai näytepalamenetelmää. Viimeinen kattavamman mittauksen suorittaa sertifioitu mittaja vähän ennen aiottua päällystystyötä. Mittaukset on tehtävä huolella. Kalibrointi, mittausolosuhteet sekä virheet mittausten suorittamisessa voivat aiheuttaa suuria virheitä mittaustuloksiin. Mittauksista on laadittava raportti, jossa on tulosten lisäksi esitetty mittauksen suorittamisen yksityiskohdat, sekä tulosten tulkinta ja niistä vedetyt johtopäätökset.

Toteutusvaiheessa päätoteuttajan vaikutusmahdollisuudet ulottuvat materiaalitoimiin, omaan tekemiseen ja käyttövaiheeseen. Raamit toiminnalle tulee varhaisimmista vaiheista. Mitä varhaisemmassa vaiheessa päätoteuttaja otetaan mukaan hankkeeseen, sen paremmin saadaan huomioitua työmaa-aikaiset kosteusriskit sekä hyödynnettyä päätoteuttajan osaaminen kosteudenhallinnassa.

5.6 Käyttö

Rakennuksen käyttövaiheessa kosteudenhallinnassa painotetaan ylläpitoon ja huoltoon liittyviä toimenpiteitä, kuten salaojien, vesikaton, julkisivujen ja LVIS-järjestelmän toimivuutta sekä oikeiden siivoustapojen käyttöä. Käyttövaiheessa rakennuksen kosteudenhallintaan vaikuttavat varsinainen käyttäjä sekä ylläpito-organisaatio, joka koostuu rakennuksen ylläpidon ammattilaisista. Huoltokirja on tärkeä työkalu rakennuksen käytönaikaisen kosteudenhallinnan kannalta, ja sen laativat suunnittelijat ja toteuttajat yhteistyössä. Kuvassa 39 avataan käyttövaiheen prosessia.



Kuva 39. Käyttövaiheen kosteudenhallinta.

Käyttövaihe on pisin rakennuksen elinkaaren aikana. Valtaosa kosteusvaurioista tapahtuu ja ilmenee käyttövaiheen aikana. Suunnitteluvaiheessa luodaan raamit rakennuksen käytölle, jota on rakennuksen valmistumisen jälkeen hankala kustannustehokkaasti muuttaa. Rakennuksen käyttö on koko rakennusprosessin lopputuote ja käyttäjä asiakas, joten käyttäjän tarpeet tulee huomioida, jo ensimmäisestä vaiheesta lähtien.

Rakennusaikainen dokumentointi luo edellytykset huoltokirjan toimenpiteille. Valokuvaamalla peittyvät rakenteet voidaan tulevaisuudessa välttyä turhilta purkutöiltä. Katavasti arkistoidut ja jäljennettävissä olevat materiaalit ja mittaukset ovat myös osoitus päätoteuttajan hyvän rakennustavan mukaisesta toteutuksesta.

Rakennuksen huollossa ja ylläpidossa on tärkeää tiedostaa rakennuksen ja rakenteiden kosteustekninen toiminta. Huoltokirjassa määritellään tarkastus – ja kunnostusvälit sekä – toimenpiteet eri rakenteille. Niitä on noudatettava, jotta tavoitteelliset käyttöiät saavutetaan. Veden- ja energiankulutuksen seurannalla voidaan optimoida kulutusta sekä havaita ongelmia. Huoltokirjaan tallennetaan tietoja korjauksista ja huoltotoimista. Päivittämätön huoltokirja vanhenee nopeasti, jolloin sillä ei ole käyttöarvoa.

Rakennuksen oikeanlainen käyttö on perusedellytys kosteusvaurioiden ehkäisemisessä. Käyttäjien henkilöstö opastetaan ja koulutetaan kiinteistön ja huoltokirjan käyttöön.

6 MALLIN TESTAUS: KÄYTÄNNÖN SOVELLUKSET

6.1 Yleinen ohje

6.1.1 Yleisen ohjeen esittely

Kuivana rakentamisen mallin pohjalta tehtiin yritysکوhtainen ohje työmaan rakentamisaikaiselle kosteudenhallinnalle rakennusliikkeen työnjohdon käyttöön sekä yleinen ohje, jonka on tarkoitettu rakennusalan ammattilaisten ja omakotitalorakentajien käyttöön. Yrityskohtaista ohjetta käsitellään luvussa 6.2.

Mallin yleisessä ohjeessa koottiin olemassa olevaa tietoa kosteudenhallinnasta. Siinä esitetään hyvä tapa huolehtia rakentamisen kuivaketjusta. Ohjeen on tavoitteena esittää rakentamisen kosteudenhallinnan hyviä käytäntöjä selkeästi ja käytännönläheisesti. Ohjeessa määritellään tavoitetilä kuivalle rakennukselle, minimivaatimukset ja ohjeet miten taso saavutetaan eri tyyppisissä rakennuksissa. Ohjeessa annetaan konkreettisia neuvoja mitä kunkin osapuolen tulee tehdä, jotta kuivana rakentaminen onnistuisi.

Ohje käsittelee rakentamisen kuivanapitoa pääosin uudisrakentamisen kannalta. Käsiteltäviä rakennustyypppejä ovat puu- ja kivi- ja betonirakenteiset omakoti-, rivi-, ja asuinkerrostalot, sekä hallimaiset rakennukset eri runkovaihtoehdoin. Aineistossa käsitellään myös rakennusmateriaalien toimitusten kuivanapidossa ja logistiikassa huomiioon otettavia seikkoja.

Ohjeessa lähestytään kosteudenhallintaa eri näkökulmista. Lähestymisnäkökulmat kosteudenhallintaan ovat:

- Rakennushankkeen vaiheiden kautta, jossa esitetään mitä asioita eri vaiheissa tulee huomioida kosteudenhallinnan kannalta,
- Rakennushankkeen osapuolien kautta, jossa esitetään mitä kunkin osapuolen tehtäviin kuuluu,
- Rakenteiden kautta, jossa esitetään, miten eri rakenteet toteutetaan niin, ettei kosteus vaurioitta rakenteita, sekä
- Kosteudenhallinnan kannalta tärkeiden toimien kautta.

6.1.2 Yleisen ohjeen toteutus

Yleisen ohjeen toteutuksesta vastasi Talonrakennusteollisuus ry ja ohjeen sisältö tehtiin yhteistyönä Tampereen teknillisen yliopiston Rakennustuotanto- ja talouden yksikön sekä Mittaviiva Oy:n kanssa.

Työnjako muodostui siten, että TTY huolehti sisällön toimittamisesta rakentamisen vaiheet-, -osapuolet- sekä riskirakenteet- osioihin. Mittaviiva Oy huolehti sisällön toimittamisen rakenteet- ja toimet- osioihin sekä tiedon jäsentelyn ja käyttöliittymän toteuttamisen. Valtaosa Mittaviiva Oy:n toimittamasta sisällöstä on tutkijan tuottamaa, ja toimet- osio perustui kuivana rakentamisen malliin. Työnjako toteuttajien välillä sovittiin työpalaverissa, joita pidettiin muutamia. Kuvassa 41 esitetään ensimmäisessä työpalaverissa laadittua sisältöhahmotelmaa.



Kuva 41. Ensimmäisessä työpalaverissa työryhmittäin laadittuja A5 kokoisia sisältö-
hahmotelmia.

Hahmotelmat tehtiin A5 paperille pienryhmissä ja ryhmien hahmotelma käytiin yhdessä läpi.

Hankkeeseen muodostettiin ohjausryhmä, jonka tehtävänä oli ohjata hankkeen toteutusta ja tarkentaa tavoitteita tarvittaessa. Ohjausryhmään kuuluivat edustajat ympäristöministeriöstä, Talonrakennusteollisuus ry:stä sekä Rakennustuoteteollisuus RTT ry:n Betonijaostosta ja Puutuoteteollisuusjaostosta. Ohjausryhmä kokoontui viidesti lokakuun 29.10. mennessä, jolloin pidettiin palautepalaveri. Sivusto esiteltiin 29.9. ja se oli virallisesti valmis 1.10.

6.1.3 Yleisen ohjeen lopputulos

Yleinen ohje löytyy osoitteesta kosteudenhallinta.fi ja sivustolle on koottu tietoa mitä rakennushankkeen eri vaiheissa tulee huomioida kosteudenhallinnan kannalta. Kosteudenhallintaprosessia lähestytään neljän näkökulman kautta, jotka ovat:

- Vaiheet
- Osapuolet
- Rakenteet ja
- Toimet.

Kuvaan 42 on otettu esimerkkejä yleisen ohjeen materiaalista. Sivuston materiaalit ovat vapaasti hyödynnettävissä.

The image shows a collage of screenshots from the 'RAKENTAMISEN KOSTEUDENHALLINTA' website. The main header includes navigation tabs: ETUSIVU, VAIHEET, OSAPUOLET, RAKENTEET, and TOIMET. A prominent red box highlights 'Rakennushankkeen vaiheet' (Construction project phases). Below this, there are circular icons for 'RAKENNUTTAJA' (Builder), 'SUUNNITTELIJA' (Designer), and 'TOTEUTTAJA' (Implementer). The 'OSAPUOLET' (Stakeholders) section is also visible. A large graph titled 'Kosteudenhallintaprosessi' (Moisture management process) shows a timeline from 0 to 100% relative humidity, with a peak at 100% and a subsequent drop. The graph is labeled 'Kosteudenhallintaprosessi' and 'Kosteudenhallintaprosessi'. The bottom section, 'Kosteudenhallintaprosessi', lists four key areas: 1. VAIHEET (Phases), 2. OSAPUOLET (Stakeholders), 3. RAKENTEET (Structures), and 4. TOIMET (Measures). Each area is accompanied by a brief description of its role in the moisture management process.

Kuva 42. Kuvakaappauksia yleisen ohjeen etusivusta. Lähde: kosteudenhallinta.fi

Sivusto koostuu noin 150 artikkelista. Artikkelien pituus vaihtelee.

Sivuston materiaalin saa ulos myös pelkistettynä PDF-formaatissa, jota on karsittu esimerkiksi kuvien osalta. PDF-versiossa on 127 sivua. Kuvassa 43 on esimerkkejä pdf-version materiaalista.

KOSTEUDENHALLINTA.FI

YLEISTÄ VAIHEISTA

4

Hankesuunnittelu

5

Hankkeen kosteudenhallinnan vaatimukset ja tavoitteet

5

Kosteusriskien alustava kartoitus

6

Kosteudenhallinnan menettelyt ja toimenpiteet

7

Rakentamisen aikataulu

8

Kosteudenhallinta-asiakirja

Rakennussuunnittelu

Rakenteiden kosteusteknisen toiminnan

Talotekniset järjestelmät

Pihan ja rakennuspohjan vedenpoisto

Riskirakenteiden määrittely

Rakennussuunnitteluvaiheen kosteudet

Rakentamisen valmistelu

Työmaan kosteudenhallinnan suunnittelu

Tilaajan välitavoitteet ja aikataulu as

Urakoitsijan aikataulusuunnittelu

Kosteudenhallinta tehtäväkohtaisessa

Materiaalien toimitukset ja varastointi

Rakentamisvaihe

Kosteudenhallintasuunnitelman noud

Työmaan suojaukset

Rakenteiden kuivatus

Kosteusmittaukset

Kosteudenhallinnan dokumentointi

Käyttöönotto

Luovutusmateriaalit

Rakennuksen ylläpito ja käyttö

Käytönaikaiset kosteudenhälyttimet

Ohjeet märkätilojen käyttöön

Vesivuottilantteet

OSAPUOLET

Rakennuttaja

Suunnittelija

Toteuttaja

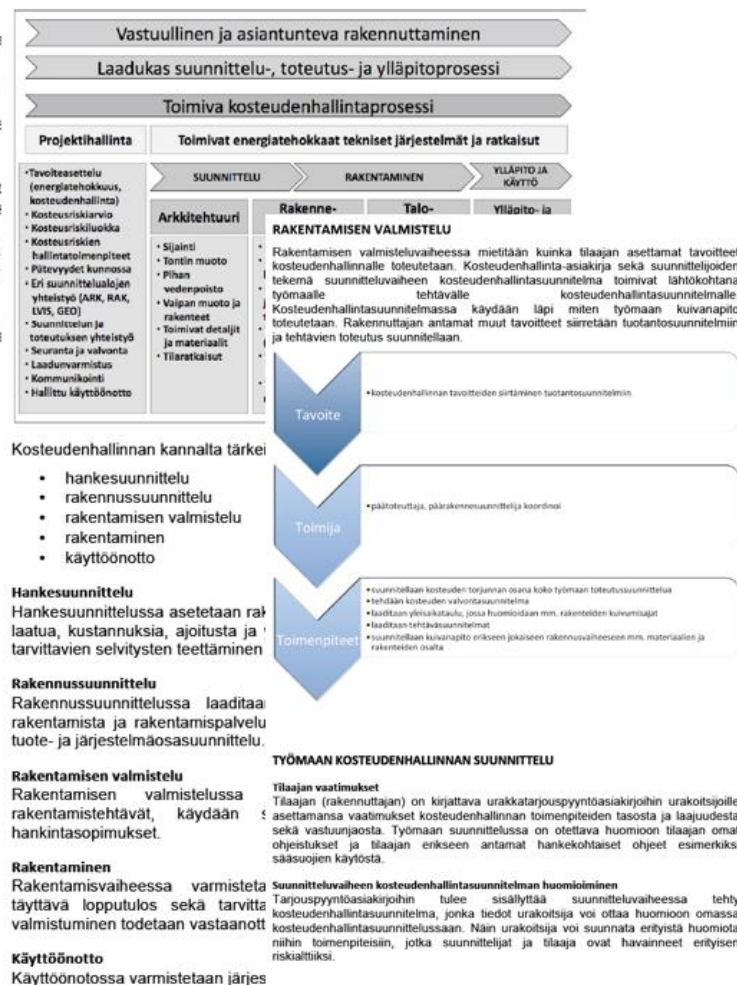
Materiaalitoimittaja

Käyttäjä/asukas

Sisätilat

Rakenteet

YLEISTÄ VAIHEISTA



Lähde: www.kosteudenhallinta.fi, versio
Nettisivuston teksti

Lähde: www.kosteudenhallinta.fi, versio
Nettisivuston teksti

Lähde: www.kosteudenhallinta.fi, versio 30.9.2015
Nettisivuston teksti

21

Kuva 43. Kuvakaappauksia yleisen ohjeen pdf-versiosta. Lähde: Kosteudenhallinta.fi

PDF-formaatti palvelee käyttäjiä, mikäli sivuston tietoa haluaa tulostaa.

6.2 Yrityskohtainen ohje

6.2.1 Yrityskohtaisen ohjeen esittely

Yrityskohtainen ohje laadittiin suomalaiselle rakennusyritykselle, ja se keskittyy kosteudenhallinnan rakentamisen aikaiseen ohjeistukseen. Ohje on ensimmäinen osa yrityksen lanseeraamaa ”hyvän rakentamisen” konseptia, joka myöhemmin täydentyy suunnittelun aikaisella ohjeistuksella sekä rakennuksen käyttöohjeilla.

Sisäilma- ja kosteudenhallinta-asiat ovat Suomessa vahvasti esillä ja yritys oli joutunut julkisuuteen kosteusasioissa. Yrityksen tahto oli reagoida tilanteeseen ja alkaa työskennellä kosteudenhallinnan suhteen toimeliaammin. Yrityksen sisällä oli todettu nykyisten ohjeiden olevan liian yleisellä tasolla. Yrityskohtainen ohje laadittiin vastaamaan edellä mainittuihin tarpeisiin.

Yrityskohtaisen ohjeen tavoite oli olla selkeä, helppolukuinen, ohjaava ja kantaatava. Ohje on suunnattu rakennusyrityksen työmaiden työnjohtolle. Ohjeen tuli antaa heille perustietoa rakennuksen rakennusfysikaalisesta toiminnasta, selittää mihin asioihin tulee kiinnittää huomiota ja antaa rakennusosittain konkreettisia ohjeita, miten kosteudenhallinta toteutetaan oikein.

6.2.2 Yrityskohtaisen ohjeen toteutus

Ohjeen toteutti Mittaviiva Oy ja työn ohjauksesta vastasi rakennusyrityksen laatupäällikkö sekä laatuinsinööri. Lähes valmista ohjetta kommentoi yrityksen sisällä myös yrityksen ympäristöpäällikkö.

Mittaviivan sisällä työnjako meni siten, että ohjeen sisällön toteutti tutkija, ja se pohjautui kuivana rakentamisen malliin. DI Tuomas Palolahti kommentoi ja antoi ohjeita sisällön suhteen, DI Satu Sahlstedt vastasi ohjeen taittamisesta ja Christian Kivimäki ja Matti Lahtinen piirsivät kuvat puhtaaksi tutkijan ohjeiden mukaan.

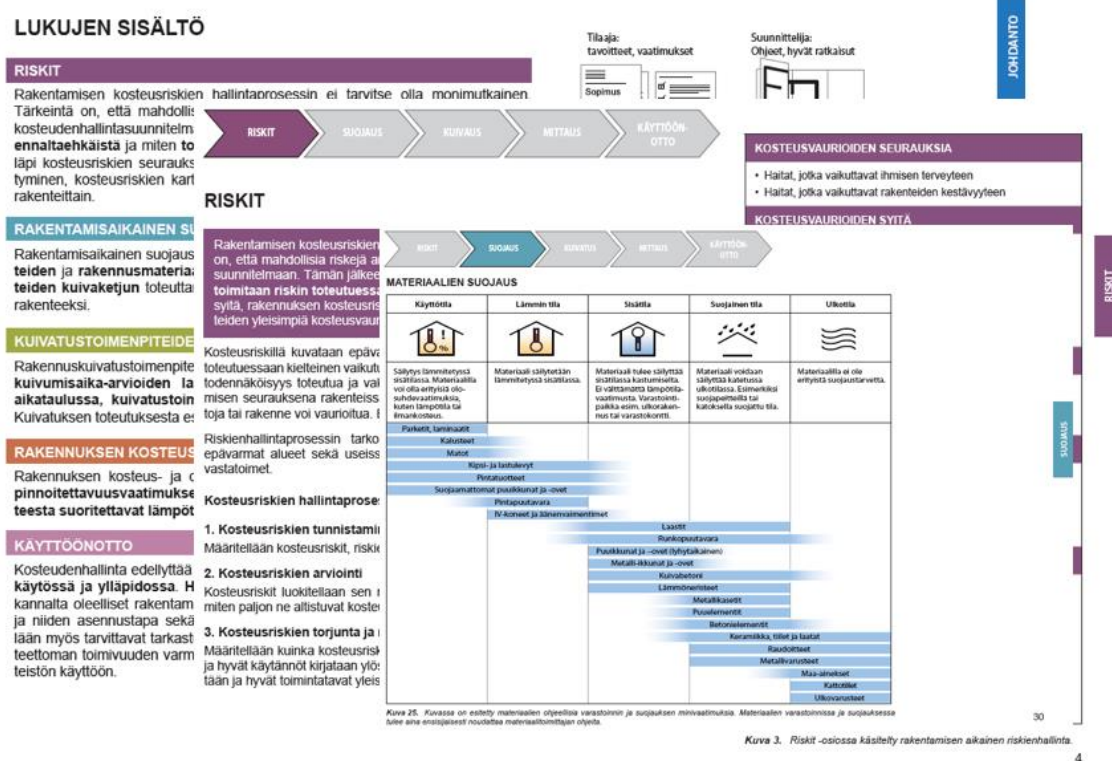
Ohje toteutettiin luku kerrallaan, jonka jälkeen yrityksen ohjausryhmä kommentoi tuotosta. Ohjeen taittoa alettiin hahmotella, kun noin puolet sisällöstä oli yrityksen hyväksymää. Lopuksi ohjeen kuvat piirrettiin puhtaaksi.

6.2.3 Yrityskohtaisen ohjeen lopputulos

Yrityskohtainen ohje on tarkoitettu tarkasteltavaksi tietokoneen tai mobiililaitteen ruudulta, joten ohje taitettiin vaakatasoon, jotta se palvelisi paremmin näytöltä tarkisteltavaksi. Lopullisessa ohjeessa on 68 sivua ja 58 kuvaa. Ohjeessa on johdannon ja sisällysluettelon lisäksi viisi päälukua, jotka ovat:

- riskit
- rakentamisaikainen suojaus ja kuivanapito,
- kuivatustoimenpiteiden suunnittelu ja toteutus,
- rakennuksen kosteus ja olosuhdemittaukset, ja
- käyttöönotto.

Kuvassa 44 esitetään kuvakaappauksia yrityskohtaisesta ohjeesta. Sivujen ylälaidan kaavion avulla pystytään siirtymään luvusta toiseen.



Kuva 44. Kuvakaappauksia vrittyskohtaisesta ohjeesta.

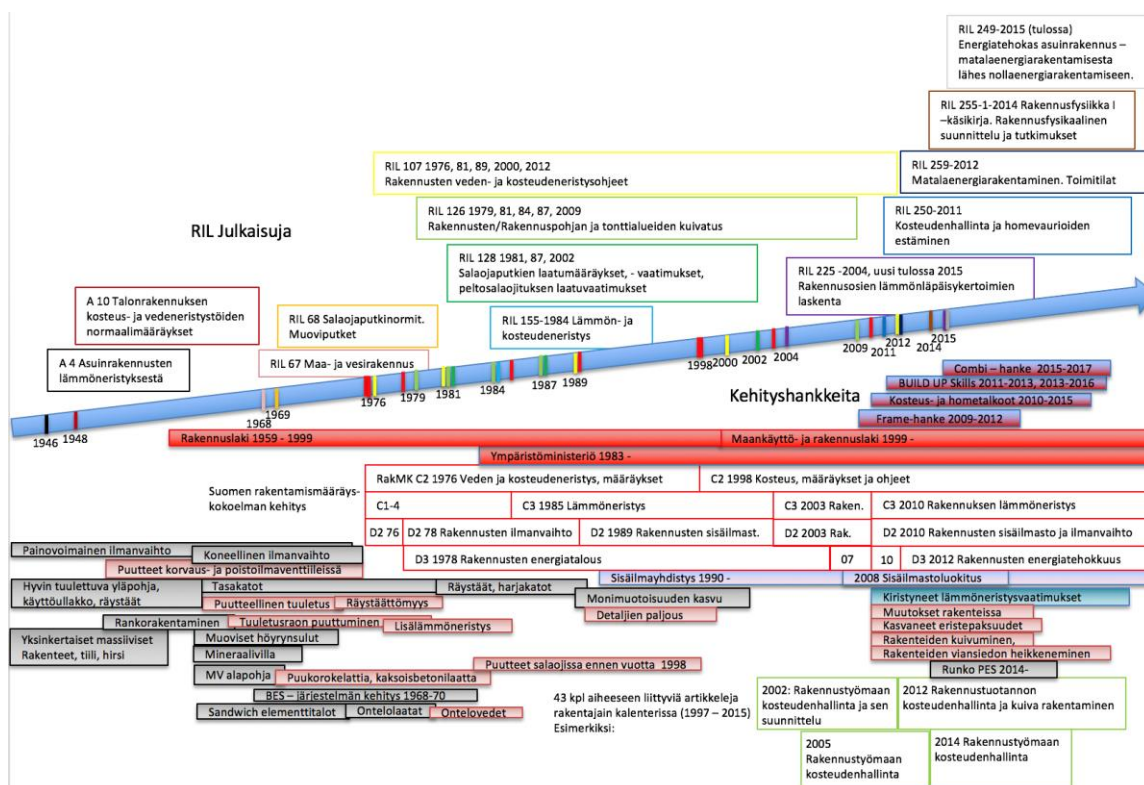
Ohjeen laadittiin vastaamaan kysymyksiin mitä, miksi ja miten. Luku alkoi tiivistelmällä, jossa kiteytettiin luvun oleelliset asiat. Tyypillinen sivu sisälsi 2/3 ohjeistavaa tekstiä sekä 1/3 havainnollistavaa kuvitusta.

7 TUTKIMUKSEN ANALYYSI

7.1 Kirjallisuuskatsauksen analyysi

Rakentamisen kosteudenhallintaa ohjataan laeilla ja asetuksilla, sekä erinäisillä ohjeilla. Maankäyttö- ja rakennuslaki määrittelee abstraktilla tasolla rakentamiselle asetetut tavoitteet ja noudatettavat menettelyt. Suomen rakentamismääräyskokoelmassa on täsmennetty lakia sekä esitetty millä teknisillä ratkaisulla tavoitteet on mahdollista saavuttaa.

Lainsäätäjien lisäksi Rakennus- ja kiinteistöalan organisaatiot kuten esimerkiksi Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL tuottaa myös kosteudenhallintaa ohjeistavia julkaisuja. Kuvaan 45 aikajanan yläpuolelle on koottu RIL:n kosteudenhallintaan liittyvät julkaisut. Aikajanan alapuolella on esitetty Suomen rakentamismääräyskokoelman kehitys sekä poimittu treندهjä ja ongelmakohtia rakentamisen kosteudenhallintaan liittyen.



Kuva 45. Rakentamisen kosteudenhallintaan on kiinnitetty huomiota ja aiheeseen liittyen löytyy runsaasti ohjekirjallisuutta.

Rakennuksien kosteustekniseen toimintaan vaikuttavat kosteudeneristyksen lisäksi rakenteiden lämmöneristys sekä energiatehokkuusmääräykset. Kiristyneet energiatehokkuusmääräykset ovat tuoneet haasteita, joita ratkaisemaan on käynnistetty hankkeita.

Kuvassa aikajanan alapuolella oikeassa reunassa on listattu alan kehityshankkeita. Frame-projektin tavoite oli selvittää miten lämmöneristyksen lisääminen ja ilmastonmuutos vaikuttavat rakenteiden kosteustekniseen toimintaan ja rakennusten energiankulutukseen. Kosteus- ja hometalkoot on valtakunnallinen viisivuotinen toimintaohjelma, jonka tavoite on suomalaisen rakennuskannan tervehdyttäminen kosteus- ja homevaurioista. BUILD UP Skills-projektin tavoite on saada aikaan rakentamisen toimintakulttuurissa laatuksellinen koulutus- ja muutosprosessi sekä auttaa saavuttamaan rakennusallalle asetetut kunnianhimoiset energiatehokkuustavoitteet. COMBI hankkeessa selvitetään energiatehokkaan palvelurakentamisen haasteita ja ratkaisuja.

Rakentamisen kosteudenhallinnan ajankohtaisuudesta kertoo myös kosteuteen ja energiatehokkuuteen liittyvät artikkelit rakentajain kalenterissa, joita on vuoden 2000 jälkeen julkaistu yli neljäkymmentä. Tämän lisäksi aiheeseen liittyviä opinnäytetöitä on tehty viime aikoina runsaasti.

Kirjallisuuskatsauksessa keskityttiin rakentamisen aikaisen kosteudenhallintaan. Kirjallisuudessa annetaan ohjeita mitä kosteudenhallinnassa pitää tehdä sekä huomioida ja minkä takia. Kuitenkin konkreettisia ohjeita työmaa-aikaiseen kosteudenhallintaan on vähän. Suunnittelijat veloitetaan suunnittelemaan rakenteet niin, että ne ovat kosteusteknisesti toimivia sekä valmiina, että rakentamisen aikana. Valmiisiin rakenteisiin löytyy esimerkkiratkaisuja, mutta rakenteiden työnaikaiseen suojaamiseen vähemmän. Johduuko se siitä, ettei haluta ottaa kantaa tai kenties sitoa toteuttajia käyttämään tietynlaisia suojaustapoja?

Katsausta tehdessä tuli mieleen, että riippuvuussuhteiden esittäminen rakentamismääräysten sekä rakentamisen, rakennusten kosteusteknisen käyttäytymisen, sekä markkinoille tulneiden uusien rakennusmateriaalien välillä olisi mielenkiintoista esittää. Ovatko määräykset perässä? Onko määräyksillä veloitettu käyttämään myöhemmin epäkelvoiksi todettuja materiaaleja ja ratkaisuja? Frame-projektin yhteenvedossa todetaan kosteusvaurioiden riskin lisääntyvän monissa tavanomaisissa vaipparakenteissa ilmastonmuutoksen ja lämmöneristyksen lisäyksen vaikutuksesta, mutta samalla todetaan, että rakenteet saadaan toimiviksi rakenteellisten muutosten ja toteutusohjeiden muutosten avulla. Asiantuntijat siis arvioivat tuoreiden rakentamismääräysten seurauksena kosteusvaurioiden riskien lisääntyvän. Mikä on ollut muiden rakentamismääräysten muutosten seuraus?

Rakennuslehden (22.10.2015) mukaan rakennusfysiikan Professori Mark Bomberg toi rakennusfysiikkaseminaarissa esiin sen, että viime vuosisadan alussa valmistuneet massiivirakenteiset tiilitalot olivat terveellisempiä ja yhtä energiatehokkaita kuin nykyrakennukset. Professori Juha Vinhan mukaan todellinen ja teoreettinen energiankulutus eroavat toisistaan siten, että vanhoissa taloissa todellinen kulutus on usein laskennallista pienempi ja uusissa taloissa kulutus on usein laskennallista suurempi [Vinha 2014]. Professori Ralf Lindbergin sanoin ”kaikki suuria yhteiskunnallisia vaikutuksia aiheuttavat toimenpiteet tulee tehdä suurta harkintaa käyttäen” [Lindberg 2008]. Ollaanko näin toimitettu nykyisten rakennusmääräysten kanssa? Entä aiemmin?

7.2 Mallin analyysi

Kuivana rakentamisen malli muodostettiin kirjallisuuskatsauksen pohjalta ja malli jatkautui viiteen vaiheeseen. Mallin tavoitteena oli, että sen pohjalta voidaan toteuttaa käytännön sovellukset; ohjeet kuivana rakentamiseen. Tavoite saavutettiin.

Kuivana rakentamisen mallissa on pyritty huomioimaan kokonaisuus, miten rakennetaan kuivana. Vaiheiden sekä osapuolien välisiä yhteyksiä, ketjun linkkikohtia olisi voitu korostaa enemmän. Millä tavalla tiedon pitäisi liikkua vaiheiden aikana, miten saadaan kuivana rakentaminen osapuolien yhteiseksi tavoitteeksi ja millä tavalla hanketta voidaan johtaa kohti kuivana rakentamista?

Rakentamisessa toteutus on paloiteltu ja ketjutettu. On pääurakoitsija sekä sivu- ja aliurakoitsijoita. Hankkeessa toteuttajat ja suunnittelijat ovat erillään. Suunnittelusta vastaa tyypillisesti suunnitteluryhmä, jossa on edustettuna eri alojen asiantuntemus. Haasteena on saada eri osapuolten välistä kuilua pienemmäksi. Kuilu pienenee kosteudenhallinnan osalta, kun osapuolet ymmärtävät perusasiat. Yhteistyötä ja osapuolten välistä tiedonkulkua voidaan parantaa esimerkiksi big room- tai solmutyöskentelyllä.

7.3 Ohjeiden analyysi

7.3.1 Yleisen ohjeen analyysi

Yleisen ohjeen tavoite oli antaa uutta näkökulmaa olemassa olevaan aineistoon kuivana rakentamisesta, ottaa kantaa eri tyyppisiin rakennuksiin, eri vaiheisiin ja eri osapuolten vastuisiin, ja kiteyttää teksti ytimekkäästi.

Yleisessä ohjeessa käsitellään rakentamisen kosteudenhallintaa laajasti ja monesta näkökulmasta. Suunnittelu- ja rakennusvaihetta käsiteltiin tarkemmin, rakennekohtaisesti ja toimien kautta, kun taas tarve- hanke- ja käyttöönottovaihetta tarkasteltiin yleisellä tasolla.

Yleisen ohjeen haasteeksi muodostui se, että ohjeen kohderyhmä määriteltiin hyvin laajaksi sisältäen rakentamisen ammattilaiset niin suunnittelu- että toteutuspuolelta ja omakotitalorakentajat, sekä se, ettei ohjeen tilaajalla ollut selkeää näkemystä siitä mitä ohjeelta halutaan. Tämä teki tiedon kiteyttämisen haastavaksi ja lopputuloksena ohjeet ovat liian detaljitasolla ollakseen kevyitä yksinkertaisia nyrkkisääntöjä.

Kosteudenhallinta.fi –sivusto on saanut 27.10. mennessä 2163 käyntiä. Sivuston maininta Helsingin Sanomien mielipidekirjoituksessa 11.10. toi päivän aikana 482 vierailijaa sivustolle. Palautetta sivustolle on tullut todella vähän.

7.3.2 Yrityskohtaisen ohjeen analyysi

Yrityskohtaiseen ohjeeseen tuotettiin ohjeet kosteusriskien hallintaan, työmaan ja materiaalien suojaamiseen, rakenteiden kuivattamiseen ja kuivumisen varmistamiseen sekä käyttöönoton ohjeistamiseen.

Yrityskohtaisen ohjeen tilaajalla oli vahva visio siitä, mitä he halusivat ohjeelta. Yrityksen visiosta kiinni saaminen ei ollut helppoa. Tästä kertoo osaltaan se, että yritykselle lähetetystä ohjeen tuottamiseen tarjouksista ensimmäisen ja lopullisen tarjouksen välissä kului aikaa 4 kuukautta. Ohjausryhmä laatupäällikön johdolla ohjasi vahvasti ohjetta haluamaansa suuntaan.

Ohjeen laadinnan suurimmat haasteet olivat kantaa ottavan ja ohjeistavan materiaalin tuottaminen sekä oikean tyylin löytäminen tekstiin. Kirjallisuuskatsauksen materiaalissa on monesti vältetty ottamasta tiukasti kantaa, vaan enemmän on selitetty mitä asioita tulee ottaa huomioon ja miksi, vähemmän sitä miten asioita tulee tehdä.

Yrityskohtainen ohje lähetettiin alan asiantuntijoiden kommentoitavaksi. Tekniikan tohtori, talonrakennustekniikan professori Ralf Lindberg kommentoi ohjetta seuraavasti:

”Energiatehokkuusvaatimukset ja rakennusfysiikan merkityksen korostuminen ovat tehneet kosteudenhallinnasta yhden tärkeimmistä kehityskohdista rakennustyömailla. Suunnitelmat kattavat parhaimmillaankin vain pienen osan työmaalla eteen tulevista tapauksista. Lopullisen soveltamisen ratkaisevat työntekijät ja työnjohtajat.

Kosteudenhallintaan liittyvien monien näkökulmien ymmärtäminen on avainasia laadukkaan lopputuloksen saavuttamiseksi. Vain todella ymmärretyn asian voi hyväksyä, muistaa ja soveltaa oikealla tavalla.

”Rakennusyrityksen” työmaille olosuhteiden ja kosteudenhallintaan laadittu opas auttaa työmaiden henkilöstöä ymmärtämään kosteudenhallinnan keskeisiä periaatteita. Samalla opas motivoi henkilöstöä tavoittelemaan yhä laadukkaampaa lopputulosta.”

Tekniikan tohtori, Suomen Betoniyhdistyksen toimitusjohtaja Tarja Merikallio kommentoi ohjetta vastaavasti:

”Rakennushankkeen systemaattisella kosteudenhallintatyöllä voidaan merkittävästi vaikuttaa siihen, että valmistuttuaan rakennus täyttää sille asetetut vaatimukset ilman yllättäviä työmaa-aikaisia lisäkustannuksia ja aikatauluviiveitä.

Kosteusriskien kartoittaminen ennakolta, vaurioitumista estävistä ja kuivumista edistävistä toimenpiteistä sopiminen sekä sovitun mukaan toimiminen ovat tie toimivaan kiinteistöön, missä on turvallista ja terveellistä elää ja olla koko rakennuksen elinkaaren ajan.

Tähän ohjeeseen on selkeästi kuvattu rakennustyömaan olosuhteiden- ja kosteudenhallinnan vaiheet suunnittelusta käyttöönottoon. Ohje on oiva apu rakennustyömaan kosteudenhallinta työssä.”

Yrityskohtaisesta ohjeesta tuli liian laaja. Ohjetta olisi tullut kiteyttää noin kolmanneksen lopullisesta kokonaispituudesta. Ohjeen rakennekohtaista tarkastelua riskien sekä erityisesti suojaamisen suhteen olisi voitu toisaalta käsitellä laajemminkin.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Diplomityön tuloksina syntyivät kirjallisuuskatsaus ja sen perusteella tuotetut ohjeet kuivana rakentamiseen. Kirjallisuuskatsauksen perusteella voidaan todeta, että kirjallisuutta rakennusten rakennusfysikaalisesta toiminnasta ja rakennusten ja rakenteiden vaurioitumisesta sekä ohjeita kosteusteknisesti toimivien rakenteiden suunnitteluun ja toteuttamiseen löytyy. Tietoa löytyy esimerkiksi kaikkien saataville avoimeen käyttöön tuotetuista ohjeista, kuten kosteus- ja homealkoot, Build Up Skills ja Kosteudenhallinta.fi sivustoilta. Tieto ei kuitenkaan saavuta rakentajia tai tiedon muoto ei palvele käytäviä tahoja. Ohjeille on tyypillistä, että ne jäävät yleiselle tasolle, eikä niissä oteta vahvasti kantaa esimerkiksi työmenetelmiin.

Vaikka kosteudesta ja sen vaikutuksista on olemassa paljon tietoa, oleellisen tiedon löytäminen voi olla kuitenkin haasteellista. Eri tahot esittävät tietoa itselleen edullisella tavalla. Esimerkiksi otsikot ”Betoni kestää vettä eikä homehdu” [<http://www.betoni.com/tietoa-betonista/betoni-ja-kestava-kehitys/kosteudenkestavyys>] ja ”Kivi ei ime tai sido kosteutta” [<http://www.paroc.fi/kampanjat/PAROC-PROTECTION>] eivät välttämättä anna lukijalle oikeanlaista kuvaa kokonaisuudesta. Monilla alan ammattilaisilla on todennäköisesti hyvä käsitys kokonaisuudesta, mutta amatöörirakentajille ja tuleville ammattilaisille vastaavanlaiset ilmaisutavat aiheuttavat vääriä mielikuvia, joita voi olla vaikea muuttaa vastaisuudessa. Peräänkuuluttaisin vastuullisuutta ammattilaisten toimesta omaa asiaa ajaessakin.

Tässä tutkimuksessa ei selvitetty mitä rakennusyritykset tekevät yrityksen sisällä tehdyillä havainnoilla kosteudenhallintaan liittyen. Tutkimalla esimerkiksi rakennusyritysten valitus- ja takuukorjausdataa, analysoimalla tietoa ja tuomalla saatua tietoa takaisin toteutuspuolelle voitaisiin saada lisätietoa suunnitteluvaiheen ja rakentamisen aikana aiheutuvista kosteusongelmiin johtaneista syistä. Tarja Merikallio kyseenalaisti väitöskirjassaan rakenteiden pinnoitettavuusmittausten vallitsevan käytännön. Kosteusmittauksia tehdään työmailla, mutta voidaanko kosteudenmittaustulosten ja toteutuneiden kosteusvaurioiden välillä vetää johtopäätöksiä? Avoin tiedon jakaminen voisi olla askel kosteudesta aiheutuvien ongelmien ratkaisemiseksi. Esimerkiksi rakennusyritysten sisällä tehtyjen kosteudenhallintaan liittyvien havaintojen tai valitus- ja takuukorjausdatan tarkka analysointi ja saadun tiedon jakaminen sekä yrityksen sisällä ja avoimesti vaikka anonymisti jonkin tutkimusorganisaation kautta lisäisi tietämystä sekä parantaisi tulevien ohjeiden tasoa ja sitä kautta saattaisi vähentää kosteudesta aiheutuvia ongelmia. Tämä edellyttää kaikilta rakennushankkeen osapuolilta läpinäkyvyyden ja yhteistyön lisäämistä.

Kosteusvaurioita ilmenee eniten rakennusten käytön aikana. Rakennus suunnitellaan käytettäväksi tietyllä tapaa, ja mikäli suunnitellusta käytöstä poiketaan, niin saattaa syntyä ongelmia. Pohdittavaksi jää voisiko kosteusvaurioita vähentää suunnittelemalla rakennus ”idioottivarmaksi” ja vähentää väärinkäytön mahdollisuutta, esimerkiksi varmis-

tamalla ilmanvaihdon toimivuus tuuletusaukkojen tukkimisesta huolimatta, vai ratkaista väärinkäytöstä aiheutuvat ongelmat ohjeistamalla. Rakennuksen käytön aikaisiin kosteusvaurioihin vaikuttaa rakennuksen käyttäjän lisäksi rakennuksen huolto. Onko kosteudesta aiheutuvien ongelmien määrässä tai laadussa havaittu muutosta siirryttäessä talonmiehistä huoltoyhtiöihin ja isännöitsijöihin siirryttäessä?

Rakentamisen trendit ja vallinnut rakentamistapa ovat vaikuttaneet rakennuksien kosteustekniseen toimintaan. Kun yksimateriaalisista massiivirakenteista siirryttiin ran-ko- ja elementtirakentamiseen, täytyi rakennusalan reagoida ja kehittää ratkaisuja uusien menetelmien aiheuttamiin ongelmiin. Viime aikoina muutokset rakentamisen lainsäädännössä ovat tuoneet tarvetta uusille ohjeille. Kiristyneiden energiamääräysten seurauksena syntyviin potentiaalisiiin kosteusteknisiin ongelmiin pyritään aktiivisesti löytämään ratkaisuja. Tästä on osoituksena kosteudenhallintaan ja homeongelmien torjuntaan tähtäävät hankkeet, Suomen Rakennusinsinööriliiton laatima tuore ohjekirjallisuus sekä alalla tapahtuva koulutus kosteudenhallintaan liittyen.

Lainsäädännön muutosten aiheuttamia vaikutuksia ei ole ehditty tutkia riittävästi ennen lainsäädösten voimaan astumista. Usein puhutaan liiallisesta kiireestä rakentamisessa ja huono laatu laitetaan kiireen ja keskeneräisten suunnitelmien piikkiin. Anita Marjasalo nosti esiin 2010 diplomityössään, että ”puutteet suunnitelmissa muuttavat työmaan johtamistyylin etukäteissuunnittelusta ”palokuntatyöksi””. Näkisin tässä jotain yhtäläisyyttä rakennusalan lainsäädäntötoimintaan. Puutteellisesti suunniteltujen säädösten johdosta rakennusalan tutkimustyö muuttuu palokuntatyöksi, jossa ratkaistaan uusien säädösten aiheuttamia ongelmia.

Tässä työssä tuotettiin kahdet eri tasoiset ohjeet kuivana rakentamiseen. Toinen ohje oli yleiseen käyttöön, jossa tavoite oli kiteyttää ja selkeyttää kuivana rakentamiseen liittyvää tietoa olemassa olevan kirjallisuuden perusteella. Yrityskohtaisen ohjeen tavoite oli olla kantaaottava, ohjeistava ja havainnollinen. Kantaaottavan ja ohjeistavan ohjeen laatiminen kirjallisuuden perusteella osoittautui haasteelliseksi. Ohjeissa onnistuttiin esittämään joitain kosteudenhallintaan liittyviä asioita havainnollisesti.

Tutkimus rakentamisen kosteudenhallinnasta ja rakennusten kosteusteknisestä toiminnasta jatkuu. Tampereen teknillisen yliopiston rakennustekniikan laitos selvittää palvelurakennusten energiatehokkuuden parantamisen liittyviä haasteista COMBI-hankkeessa professori Juha Vinhan johdolla. Myös ympäristöministeriön tahtotila on rakennusten kosteusteknisen toiminnan kehittäminen niin kauan kuin kosteus- ja homevaurioita rakennuskannassa laajalti esiintyy.

Ehdotuksena kandidaatintyön tai diplomityön laajuisena toteutettaviksi jatkotutkimuksiksi esittäisin luvun kolmannessa kappaleessa esitetyn rakennusyritysten havaintojen ja virhedatan tutkimisen lisäksi rakentamisen kosteudenhallinnan historiaan perehtymistä ja rakentamismääräysten kehitysten ja niiden välisen riippuvuuden esittämistä. Olisiko rakennusalan ja sitä säätelevän lainsäädännön ja lainsäätöelimen toimintatavoissa jotain kehitystarvetta? Tämän voisi toteuttaa vaikka poikkitieteellisesti oikeustieteellisen tiedekunnan kanssa. Toinen jatkotutkimusehdotus on kehittää kuivana rakentamisen huomioimista suunnittelussa. Aiheeseen liittyvästä laajasta kirjallisuudesta huoli-

matta ohjeita rakenteiden suojaamiseen työmaalla on varsin vähän. Kolmas jatkotutkimusaihe voisi olla rakennushankkeen osapuolien yhteistyön ja tiedonkulun parantaminen kosteudenhallinnan osalta.

LÄHTEET

Aaltonen, M. 2012. Tuulettuvat alapohjat. Satakunnan ammattikorkeakoulu, rakennustekniikan koulutusohjelma. 37 s.

Aho, H., Korpi, M. (toim.), Vinha, J., Lindberg, R., Mattila, J., Lahdensivu, J., Hietala, J., Suonketo, J., Salminen, K. & Lähdesmäki, K. 2009. Ilmanpitävien rakenteiden ja liitosten toteutus asuinrakennuksissa. Tampere, Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos, Rakennetekniikka, Tutkimusraportti 141. 100 s.

Annala, P & al. 2014 Kosteus- ja mikrobivauriot koulurakennuksissa TTY:n suorittamien kosteusteknisten kuntotutkimusten perusteella. Sisäilmastoseminaari 2014. 11 s.

Björkholtz, D. 1990. Rakennuksen kuivattaminen. Suomen rakennusteollisuusliitto ry. 76 s.

Björkholtz, D. 1997 Lämpö ja kosteus rakennusfysiikka. Saarijärvi: Rakennustieto Oy, 49 s.

BUILD UP Skills -koulutusmateriaalit. Energiatehokas rakentaminen *
by 45/BLY7 Betonilattiat 2002. Suomen Betoniyhdistys ry. Suomen Betonitieto Oy. 160 s.

C2 Kosteusmääräysten toimivuuden arviointi (RakMK C2 toimivuus). Loppuraportti. Vahanen. 2014. 12 s.+ 27 liitesivua.

Ekholm, V. 2003. Kerrostalon muuraus- ja rappaustyöt talvella. Toteutusedellytysten kehittäminen. VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka- tiedotteita 2214. 80 s.

Frame-hankkeen materiaalit. *

Gles Kuivausohje 2012. 7 s.

Hakkarainen, I. 2015. Rakennustyömaan rakennusaikainen kosteudenhallinta. Opinnäytetyö, Savonia-ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. 37 s.

Halkomäki, R. 2014. Rakennusvalvonnan keinot rakentamisen aikaiseen kosteudenhallintaan. Kehittämistyö, Tampereen teknillisen yliopiston täydennyskoulutuskeskus Edu-tec. 30 s.

Hatakka, K. 2014. Rakennustyömaan kosteudenhallinta. Artikkelit rakentajain kalenterissa 2014. s.153-156.

Junnonen, JM. 2015. Lyhyt johdatus kosteudenhallintaan. Alustus yleiseen ohjeeseen. 15 s.

Kahela, T. 2012. Märkätilojen työnohjaus. Turun ammattikorkeakoulu, Tekniikka, ympäristö ja talous, rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma. 35 s.

Kaukiainen, S. 2012. Rakenteiden kuivatuksen toteutus työmaalla. Opinnäytetyö, Saimaan ammattikorkeakoulu, rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma. 25 s.

Kauppinen, T. 2011. Rakennusten ilmanpitävyys. Artikkelit rakentajain kalenterissa 2011. s.123-131.

Kauppinen, T. 2012. Rakennusten lämpökuvaus. Artikkelit rakentajain kalenterissa 2012. s.143-149.

Keinänen, H. 2014. Hyvät tutkimustavat betonirakenteiden lattioiden muovipäällysteiden korjaustarpeen arviointiin. Artikkelit rakentajain kalenterissa 2014. s.174-183.

Kero, P. 2012. Kosteus- ja homekorjausprosessin arviointi sekä korjaushankkeen hallintaan kehitetty työkalu. Artikkelit rakentajain kalenterissa 2012. s.183-187.

Kiviniemi, M. 1996. Talonrakentamisen tuotteiden ja toimintatapojen vertailu. VTT rakennustekniikka. 76 s.

Koistinen, L. 2013. 5S- Menetelmän ja Visual Managementin hyödyntäminen talonrakennustyömailla. Kandidaatintyö, Tampereen teknillinen yliopisto, rakennetun ympäristön tiedekunta. 46 s.

Koistinen, L., Koskenvesa, A. 2014. Visuaalinen johtaminen. Artikkelit rakentajain kalenterissa 2014. s.140-144.

Koivulahti, J. 2013. Rakennuksen rakennusaikainen kuivattaminen. Oulun seudun ammattikorkeakoulu, Rakennustekniikan koulutusohjelma. 50 s.

Kokotti, H. 2012. Kosteus- ja homevaurioalan toimijoiden pätevyysluokitus. Artikkelit rakentajain kalenterissa 2012. S. 179-182.

Koppa.jyu.fi. Jyväskylän yliopiston verkkosivusto, joka opastaa erilaisissa tutkimusmenetelmiin liittyvissä valinnoissa.

Koskela, L., Koskenvesa, A., Sipi, J. Työmaan toimiva tuotannonohjaus. Opas Last Planner-menetelmään. 2004. 38 s.

Koskenvesa, A., Sahlstedt, S. 2011. Rakennushankkeen suunnittelu ja ohjaus. Talonrakennustieto Ry, Rakennustietosäätiö RTS, Rakennustieto Oy. 144 s.

Kosteus rakentamisessa. 1999. RakMK C2 opas. Ympäristöopas 51. Ympäristöministeriö. 56 s.

Kukka, J. 2008. Ontelolaattojen ontelovedet. Tutkintotyö, Tampereen ammattikorkeakoulu, rakennustekniikka, talonrakennus. 33+28 s.

Laamanen, P. 2014. Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeiden tavoitteena varmat toimitukset ja vikasietoiset rakenteet. Artikkelit rakentajain kalenterissa 2014. s.75-78.

Lahdensivu, J. & al. 2012 Matalaenergia- ja passiivitalojen rakenteiden ja liitosten suunnittelu- ja toteutusohjeita. Tampereen teknillinen yliopisto, rakennustekniikan osasto. 134 s.

Lahdensivu, J. 2014. Matalaenergia- ja passiivitalorakentamisessa huomioon otettavia seikkoja. Artikkelit rakentajain kalenterissa 2014. s.88-99.

Lahtinen, J. 2012. Rakennusaikaisen kosteuden hallinta ja betonin kuivumisen varmistaminen. Opinnäytetyö, Tampereen ammattikorkeakoulu, rakennustekniikka, tuotantotekniikka. 32 s.

Leivo, V. & al. 1998. Opas kosteusongelmiin – Rakennustekninen, mikrobiologinen ja lääketieteellinen näkökulma. Julkaisu 95, Tampereen teknillinen korkeakoulu, rakennustekniikan osasto. 158 s.

Leivo, V. Rantala, J. 2000. Maanvaraisten alapohjarakenteiden kosteuskäyttäytyminen. Rakennustekniikan osasto. Tampere. 127 s.

Leivo, V. Rantala, J. 2002. Maanvastaiset alapohjarakenteet –kosteustekninen mitoittaminen ja korjaaminen. Tampereen teknillinen korkeakoulu, rakennustekniikan osasto. 50 s.

Lilja, J. 2012. Kosteudenhallinta korjausrakennustyömaalla. Opinnäytetyö, Turun ammattikorkeakoulu, rakennustekniikan koulutusohjelma. 37 s.

Lindberg, R. 2008. Näkökulma 2008. Luentokalvot Rambollin tulevaisuudenseminaarista 17.9.2008. 18 s.

Lumme, P., Merikallio, T. 1997. Betonin kosteuden hallinta. Suomen Betonitieto Oy. 29 s.

Lukka, K. 2001. Konstruktiivinen tutkimusote. Artikkelit tutkimusmenetelmästä. Saatavilla: www.metodix.com

MaaRYL 2000. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset 2000. Talonrakennuksen maa-työt. (RT 14-10636). 1997, 269 s.

Mattila, J. 2014. Kosteudenhallinnan tavoitteet ovat hyvät, entä toimet? Artikkelit Rakennuslehdessä 27.11.2014.

Merikallio, T. 2002. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Suomen Betonitieto Oy. 58 s.

Merikallio, T. 2002. Rakennustyömaan kosteudenhallinta ja sen suunnittelu. Artikkelit rakentajain kalenterissa 2002. 7 s.

Merikallio, T. 2005. Rakennustyömaan kosteudenhallinta. Artikkelit rakentajain kalenterissa 2005. 6 s.

Merikallio, T., Niemi, S., Komonen, J. 2007. Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen. Suomen Betonitieto Oy, Lattian- ja seinänpäällysteliitto ry. 97 s.

Merikallio, T. 2009. Betonilattian ”riittävän” kuivumisen määrittäminen uudisrakentamisessa. Väitöskirja, TKK, Rakenne- ja rakennustuotantotekniikan laitos. 136 s.

Mero, P. Kiinteistöjen vuotovahinkojen kasvu. Artikkelit rakentajain kalenterissa 2014. s.184-188.

Mittaviiva Oy, Toimiva työmaa. 38 s.

Niemelä, T. 2014. Kosteusvaurioiden ehkäiseminen rakennustuotannossa. Rakennusmedia. 88 s.

Nieminen, A-S. 2014. Naistenklinikan rakennustelineet määrättiin purettavaksi sortumisvaaran takia. Artikkelit Helsingin Sanomissa 28.12.2014. Saatavissa: <http://www.hs.fi/kaupunki/a1419738255558>

Oinonen, H. 2010. Korjausrakentamisen energiakustannusten hallinta. Mestarityö, Metropolia, Tekniikka ja liikenne, Rakennusalan työnjohto. 62 s.

Ojanen, T. 2010. Rakenteiden kosteusteknisen toimivuuden perusteet. Artikkelit rakentajain kalenterissa 2010. s.79-82.

Paju, R. 2014. Kosteus- ja homevaurion korjausprosessin riskianalyysi. Opinnäytetyö, Kymenlaakson ammattikorkeakoulu, rakennustekniikan koulutusohjelma. 67 s.

Pajulahti, J-M. Rakennusvaiheen kosteudenhallinta. Opinnäytetyö, Tampereen ammattikorkeakoulu, rakennustekniikan koulutusohjelma. 61 s.

Palolahti, T. 2010. Frame- hankkeeseen taulukkolaskentaohjelmalla laadittu Mollierin käyrä kuvaamaan ilman kosteuspitoisuutta eri lämpötiloissa.

Paloniitty, S. 2012. Rakennusten tiiviysmittaus. Artikkelit rakentajain kalenterissa 2012. s.155-161.

Peltonen, L. 2014 Puukerrostalon kosteudenhallinta ja sääsuojaus. Opinnäytetyö, Seinäjoen ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö, rakennustekniikan koulutusohjelma. 52 s.

Pirinen, A., Kukkonen, E. 2002. Rakennuksen huoltokirjan laadinta ja hyödyntäminen. Artikkelit rakentajain kalenterissa. 8 s.

Pirinen, J. 2011. Kosteus- ja homealkoot. Artikkelit rakentajain kalenterissa 2011. s.153-156.

Pirinen, J. 2012. Kosteus- ja homealkoot puolimatassa. Artikkelit rakentajain kalenterissa 2012. s.175-178.

Puhakka, E., Kärkkäinen, J. 1994. Rakentamisen tavoitteena puhdas sisäilmasto. Suomen sisäilmaston mittauspalvelu oy. 134 s.

Puronlahti, J. 2012. Tuoteuutuudet rakennusten ilmatiiveyden varmistamiseen. Artikkelit rakentajain kalenterissa 2012. s.127-132.

Pärnänen, A. 2011. Betonin suhteellisen kosteuden seuranta ja pinnoituskelpoisuuden toteaminen uudisrakentamisessa. Insinööritoimisto. Savonia ammattikorkeakoulu, rakennustekniikan koulutusohjelma. 30 s.

Rakennustyömaan kosteudenhallinta: mallirunko ja ohjeet. 2001. Oulun rakennusvalvonta.

Rakennustyömaan sääsuojaus ja olosuhdehallinta. 27 s.

RakMK A4 Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje. 2000.

RakMK B3 Pohjarakenteet. Määräykset ja ohjeet 2004. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto. Suomen rakentamismääräyskokoelma. 16 s.

RakMK C2 Kosteus. Määräykset ja ohjeet 1998. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto.

Suomen rakentamismääräyskokoelma. (RT RakMK-21099). 16 s.

RakMK D1 Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. Määräykset ja ohjeet 1987. Ympäristöministeriö, Suomen rakentamismääräyskokoelma. - lisälehti 1 s.: Korjaus ohjeeseen 24.9.1987. (RakMK-20728)

RakMK D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2003. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto. (RT RakMK-21218)

Ratu 0415 Telinetyö. Menekit ja menetelmät. 2013.

Ratu 0430 Perustusten vedeneristys. 2015. 17 s.

Ratu 0432 Saumaus. 2015.

Ratu 07-3022, Suojauskalusto. Sääsuojat, suojapeitteet, julkisivusuojat. Rakennustieto Oy. 1992.

Ratu 07-3032 Rakenteiden lämmitys ja kuivatus. 1996. 8 s.

Ratu C2-0299 Rakennustyömaan aluesuunnittelu. 2007.

Ratu C8-0377, Talvityöt ja kustannukset. Suunnitteluohje. Rakennustieto Oy. 2010.

Ratu S-1227, Työmaan toimitusten suunnittelu ja ohjaus. Rakennustieto Oy. 2010.

Ratu S-1228, Rakentamisen tehtäväsuunnittelu. Ohje aliurakan ja työkaupan hallintaan. Rakennustieto Oy. 2010.

Ratu S-1232 Rakennustyömaan sääsuojaus. 2013. 14 s.

RIL 107-2012. 2012. Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto ry. Helsinki. 219 s.

RIL 126-2009 Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus. 2009.

RIL 250-2011. Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. Suomen Rakennusinsinöörien

Liitto RIL ry. 2011. 243 s.

Riskin arviointi. 2013. Aluehallintovirasto. Työsuojeluhallinto. 14 s.

RT 05-10710 Kosteus rakennuksissa. 1999.

RT 07-10741 Sisäilmastoluokitus 2000. 2001, 19 s.

RT 07-10790 Sisäilmastoluokitus 2000. Lisälehti, 2003. 2 s.

RT 07-10946 Sisäilmastoluokitus 2008. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. 2009. 22 s.

RT 10-10387 Talonrakennushankkeen kulku. 1989. 24 s.

RT 14-10984 Betonin Suhteellisen kosteuden mittaaminen. 2010. 16 s.

RT 18-10922 Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitokaksot. 2008. 32 s.

RT 80-10712 Rakennusten kosteus- ja mikrobivauriot. 1999. 16 s.

RT 81-10427 Rakennuspohja ja tonttialueen kuivatus. 1990, 12 s.

RT 81-10791 Radonin torjunta. 2003, 16 s.

RT 81-10854 Pientalon perustukset ja alapohjien liittymät. 2005. 24 s.

RT 81-11000 Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus. 2010. 8 s.

RT 82-10800 Ulkoseinärakenteita. 2003, 36 s.

RT 82-10825 Väliseinärakenteita. 2004, 38 s.

RT 83-10455 Yläpohjien liittymät. 1991.

RT 83-10955 Perustusten ja perusmuurien veden- ja kosteudeneristys. 2009.

RT 83-11009 Alapohjarakenteita. 2010. 31 s.

RT 83-11032 Vedenpaineeneristys. 2011. 12 s.

RunkoRYL 2000 Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset 2000. Talonrakennuksen runkotyöt.

(RT 14-10652). 1998, 434 s.

Ruonakoski, P. et.al. 2013. Sääsuojauksen käsikirja kuivaan rakentamiseen. NSS Group. 42 s.

Sahlstedt, S., & al. 2013. Talvibetonointi. Betoniteollisuus ry. 88 s.

Sahlstedt, S., Lindberg, R. 2014. Materiaalien suojaus työmaalla. Artikkelit rakentajain kalenterissa 2014. s.157-163.

Salminen, M & Heikkurinen, P. 2011. Omakotitalon huoltokirja, pientalon huoltokonsepti. Suomen omakotiliitto ry. 36 s.

Salonvaara, M., Nieminen, J. 2003. Betonirakenteiden tuuletus ja lämmöneristävyys. VTT Rakennus- ja yhdyskuntateknikka- tiedotteita 2210. 58 s.

Salonvaara, M. 2010. Rakenteiden tuuletus. Artikkelit rakentajain kalenterissa 2010. s.89-91.

Sarja, A. 2010. Rakennuksen tiiviys. Artikkelit rakentajain kalenterissa 2010. s.385-394.

Seppälä, P. Rakennustyömaan kosteudenhallintasuunnitelma – ohjeeksi suunnitelman laatijalle. 11 s.

Seppälä, P. 2013. Rakentamisprosessin kosteudenhallinta. Rakennuttajan laatuvalinnat, suunnittelu, työmaatoteutus ja ylläpito. Oulun yhdyskunta ja ympäristöpalvelut/rakennusvalvonta. 43 s.

Seppälä, P. 2014. Sääsuojaus on vain osa rakentamisen kuivaketjua. Artikkelit Rakennuslehdessä 6.5.2014. Saatavissa: <http://www.rakennuslehti.fi/blogit/saasuojaus-on-vain-osa-rakentamisen-kuivaketjua/>

Siikanen, U. 2012. Rakennusten lämpö- ja kosteusfysikaalisia näkökohtia. Artikkelit rakentajain kalenterissa 2012. s.73-88.

Siikanen, U. 2014. Rakennusfysiikka. Perusteet ja sovelluksia. Rakennustieto Oy. 256 s.

SisäRYL 2000 Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset 2000. Talonrakennuksen sisätyöt.

(RT 14-10668). 1998, 416 s.

Silvola, V-P. 2011. Rakennusten tiiviysmittaukset Suomessa, Ruotsissa ja Norjassa. Opinnäytetyö, Oulun seudun ammattikorkeakoulu, rakennustekniikan koulutusohjelma. 37 s.

Tarkastusvaliokunnan mietintö 1/2013 vp Rakennusten kosteus- ja homeongelmat. 30 s.

Teriö, O. 2003. Betonivalmisosarakentamisen kosteudenhallinta. VTT. 42 s.

Teriö, O., Palolahti, T., Koskenvesa, A. 2012. Rakennustuotannon kosteudenhallinta ja kuiva rakentaminen. Artikkelit rakentajain kalenterissa 2012. s.127-133.

Teriö, O & Mittaviiva Oy. 2013. Kuivanapito suojaamalla. 73 s.

Tilaajan ohje. 2014. Betonijulkisivun ja parvekkeiden kuntotutkimus. Suomen betoni-yhdistys ry. 17 s.

Toivari, O-P. 2011. Kosteudenhallinnan ja sääsuojauksen taloudellinen tarkastelu. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto, rakennetun ympäristön tiedekunta. 50 s.

Tunnista ja tutki riskirakenne. Opetusmateriaali. Pientalojen riskirakenteet. 109 s.

Työmaan kuivanapito suojaamalla. Koulutusmateriaali 2014. Pientalotyömaat. 73 s.

Tähtinen, J. 2010. Rakennustyömaan logistiikan suunnittelu. Opinnäytetyö, Jyväskylän ammattikorkeakoulu, rakennustekniikka. 40 s.

Valjus, J. 2014. Sääsuojia ja rakenteiden turvallisuutta. Sääsuojaus rakentamisessa- kylä vai ei? Artikkelit Betoni lehdessä 4/2014.

Viio, T. 2013. Kosteudenhallinta rakentamisvaiheessa ja kosteudenhallintasuunnitelma. Opinnäytetyö, Vaasan ammattikorkeakoulu, rakennustekniikan koulutusohjelma. 56 s.

Viitamäki, K. 2014. Kosteus- ja homealkoiden satoa. Artikkelit rakentajain kalenterissa 2014. s.189-191.

Vilppo, M. 2012. Opinnäytetyö, Tampereen ammattikorkeakoulu, rakennustekniikan koulutusohjelma. 55 s.

Vinha, J. & al. 2005. Puurunkoisten pientalojen kosteus- ja lämpötilaolosuhteet, ilmanvaihto ja ilmatiiviys. Tampereen teknillinen yliopisto, rakennustekniikan osasto. 114 s.

Vinha, J. 2010. Rakennusten rakennusfysikaalisen suunnittelun ja rakentamisen periaatteet. Artikkelit rakentajain kalenterissa 2010. s.59-78.

Vinha, J. 2011. RTEK-3511 Rakennusfysiikka Luentomoniste I ja II osa. 768 s.

Vinha, J. 2012. Frame-projektin yhteenveto. TTY, Rakennustekniikan laitos. 17 s.

Vinha, J., & al. 2012. Ilmastonmuutoksen ja lämmöneristykseen lisäyksen vaikutukset vaipparakenteiden kosteusteknisessä toiminnassa ja rakennusten energiankulutuksessa. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos. Tutkimusraportti 159.

Vinha, J. 2014. Energiatieteiden ja ilmastonmuutosten vaikutuksia uudis- ja korjausrakentamiseen. Vaasassa 14.10.2014 pidetty luento teemalla Matalaenergia- ja passiivitalojen rakenteiden haasteet. 86 s.

Verkkosivuja aiheeseen liittyen:

www.kosteudenhallinta.fi

www.hometalkoot.fi

www.sisailmayhdistys.fi

www.rym.fi/tutkimusohjelmat/sisaymparisto/

motiva.fi/buildupskills –lisää energiaosaamista rakennustyömaille.

www.rakennusteollisuus.fi/Frame

www.Tut.fi/Elinkaari